



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería de Software

**Monitoreo y predicción del temblor de Parkinson por
medio de una aplicación móvil híbrida mediante
machine learning**

TESIS

Para optar el Título Profesional de Ingeniero de Software

AUTOR

Carlos Raúl André GODÍNEZ TELLO

ASESOR

Luzmila Elisa PRÓ CONCEPCIÓN

Lima, Perú

2021



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Godínez, C. (2021). *Monitoreo y predicción del temblor de Parkinson por medio de una aplicación móvil híbrida mediante machine learning*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Profesional de Ingeniería de Software]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	CARLOS RAÚL ANDRÉ GODÍNEZ TELLO.
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47200005
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7371-1039
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	LUZMILA ELISA PRO CONCEPCION
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	08862360
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-0622-1173
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	JUAN GAMARRA MORENO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	20039857
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	VICTOR HUGO BUSTAMANTE OLIVERA.
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	25655590
Datos de investigación	
Línea de investigación	C.0.3.27 Aplicaciones de Internet
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio: Universidad Nacional Mayor de San Marcos País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Cercado de Lima Centro poblado: - Urbanización: - Manzana y lote: - Calle: Av. Universitaria con Av. Venezuela cuadra 34 Latitud: -12.05615 Longitud: -77.08453
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2020-2021
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería de sistemas y comunicaciones http://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.04



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA

Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática

Escuela Profesional de Ingeniería de Software

Acta de Sustentación Virtual de Tesis

Siendo las catorce con treinta (14:30) horas del día diecinueve (19) del mes de noviembre de 2021, se reunieron en la sala virtual meet.google.com/fku-stph-zce, presidido por el Mg. Juan Gamarra Moreno, Lic. Víctor Hugo Bustamante Olivera (Miembro) y la Dra. Luzmila Elisa Pró Concepción (Miembro Asesor), para la sustentación virtual de Tesis intitulada: **“MONITOREO Y PREDICCIÓN DEL TEMBLOR DE PARKINSON POR MEDIO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL HÍBRIDA MEDIANTE MACHINE LEARNING”**, por el bachiller **Carlos Raúl André Godínez Tello**, para optar el Título Profesional de Ingeniero de Software.

Acto seguido de la exposición de la Tesis, el Presidente invitó al bachiller a dar respuesta a las preguntas establecidas por los Miembros de Jurado.

El bachiller en el curso de sus intervenciones demostró pleno dominio del tema, al responder con acierto y fluidez a las observaciones y preguntas formuladas por los señores miembros del Jurado.

Finalmente habiéndose efectuado la calificación correspondiente por los miembros de Jurado, el bachiller obtuvo la nota de 16 (dieciséis).

A continuación, el Presidente del Jurado, Mg. Juan Gamarra Moreno, declara al bachiller **Ingeniero de Software**.

Siendo las 15:36 horas, se levantó la sesión.

Mg. Juan Gamarra Moreno
Presidente

Lic. Víctor Hugo Bustamante Olivera
Miembro

Dra. Luzmila Elisa Pró Concepción
Miembro Asesor

FICHA CATALOGRÁFICA

GODÍNEZ TELLO CARLOS RAÚL ANDRÉ

MONITOREO Y PREDICCIÓN DEL TEMBLOR DE
PARKINSON POR MEDIO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL
HÍBRIDA MEDIANTE MACHINE LEARNING

C Ingenierías/ C.0.3. Tecnología de la información y comunicación/
C.0.3.27 Aplicaciones de Internet

Lima, Perú 2021

Tesis, Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, Escuela Académico
Profesional de Ingeniería de Software, Pregrado, Universidad Nacional
Mayor De San Marcos.
xv, 148 Páginas.

DEDICATORIA:

Este trabajo de investigación lo dedico a mi familia, en especial a mi madre, por su el apoyo constante y perseverancia que estando siempre lejos, no dejo de apoyarme y animarme a seguir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, cuya inspiración, apoyo incondicional y palabras de aliento en los años de carrera profesional; en especial a mis padres que fueron el impulso de cada día el continuar, de seguir su ejemplo, de encontrar un sentido a todo lo que hacía cada día.

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por haber aceptado que sea parte de ella y haya abierto su seno científico para poder estudiar y convertirme en profesional que es lo que tanto me apasiona.

A los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos, experiencia, y oportunidad de demostrar de lo que soy capaz de hacer, superando mis propios límites.

A mi asesor de tesis, el Dra. Luzmila Elisa Pró Concepción, por sus conocimientos, orientaciones y paciencia que han sido fundamentales para nuestra formación como investigadores.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

MONITOREO Y PREDICCIÓN DEL TEMBLOR DE PARKINSON POR MEDIO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL HÍBRIDA MEDIANTE MACHINE LEARNING.

Autor	:	Carlos Raúl André Godinez Tello
Asesor de Tesis:		Luzmila Pró Concepción
Fecha	:	Junio 2021

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar una aplicación móvil para apoyar en el monitoreo y predicción del temblor de Parkinson, su implementación se realiza por medio de una aplicación móvil híbrida mediante machine learning, esta aplicación apoyará al médico especialista, dado que la aplicación tendrá la capacidad de pronosticar el temblor parkinsoniano de la enfermedad de Parkinson durante los próximos 6 segundos siguientes a la toma de las muestras, así mismo permitirá llevar a cabo un control de los mismos mediante un historial, que podrá ser visualizado, compartido vía correo electrónico, también podrá llevar un control de tiempo de congelamiento de las personas, a su vez cuenta con una alarma de dosificación de las pastillas que son tomadas durante el proceso que conlleva esta enfermedad. El desarrollo de la aplicación móvil fue elaborado con el framework Ionic convirtiéndolo en una aplicación híbrida y utilizando la técnica de regresión lineal para poder hacer el pronóstico correspondiente. Se logro construir primero el módulo que es la aplicación móvil para su correcto uso, teniendo claro las variables, especificaciones, casos de uso, arquitectura, y modelos que permiten la correcta manipulación e inserción con los otros dos módulos restantes que son de congelamiento y el de alarma

Palabra claves: Parkinson, Pronostico, Temblor Parkinsoniano, Aplicación Móvil Híbrida, Ionic.

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SOFTWARE

MONITORING AND PREDICTION OF THE PARKINSON THROUGH A HYBRID MOBILE APP THROUGH MACHINE LEARNING.

Author	:	Carlos Raúl André Godínez Tello
Thesis Advisor	:	Luzmila Pró Concepción
Date	:	Junio 2021

ABSTRACT

The present research aims to develop a mobile application to support the monitoring and prediction of Parkinson's tremor, its implementation is carried out through a hybrid mobile application using machine learning, this application will support the specialist doctor, since the application will have the ability to predict the parkinsonian tremor of Parkinson's disease during the next 6 seconds after taking the samples, likewise it will allow to carry out a control of them through a history, which can be viewed, shared via email, also It will be able to keep track of the freezing time of people, in turn, it has a dosage alarm for the pills that are taken during the process that this disease entails. The development of the mobile application was made with the Ionic framework, turning it into a hybrid application and using the linear regression technique to make the corresponding forecast. It was possible to first build the module that is the mobile application for its correct use, having clear the variables, specifications, use cases, architecture, and models that allow the correct manipulation and insertion with the other two remaining modules that are freezing and the alarm.

Key words: Parkinson's, Prognosis, Parkinsonian Tremor, Hybrid Mobile App, Ionic.

INDICE DE CONTENIDOS

Índice de figuras	xi
Índice de tablas	xiii
Introducción.....	xv

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO 1

1.1 Antecedentes del problema	1
1.2 Definición o formulación del problema.....	4
1.3 Importancia del problema.....	5
1.4 Objetivos.....	6
1.4.1 Objetivo General	6
1.4.2 Objetivos Específicos	6
1.5 Alcances	7
1.6 Justificación	8
1.6.1 Justificación Científica	8
1.6.2 Justificación Social	8
1.6.3 Justificación Económica	8
1.7 La propuesta de solución	9
1.8 Organización de la tesis	11

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO 13

2.1. James Parkinson	13
2.2 Diagnóstico de la Enfermedad del Parkinson	14
2.2.1 Diagnóstico clínicamente definitivo	15
2.2.2 Criterios de exclusión para el diagnóstico de la EP	15
2.2.3 Criterios que apoyan el diagnostico	16
2.2.4 Escalas en la enfermedad de Parkinson	16
2.3 Epidemiología	17
2.4 Etiología	19
2.5 Síntomas de la enfermedad de Parkinson	20
2.5.1 Síntomas motores	21
2.5.2 Síntomas no motores	23
2.6 Estadios de la Enfermedad de Parkinson	24
2.6.1 Enfermedad leve	25
2.6.2 Enfermedad moderada o fase de estado	25
2.6.3 Enfermedad avanzada	25
2.7 Tratamientos	26
2.7.1 Tratamiento Farmacológico	27
2.7.2 Tratamiento Quirúrgico	30
2.7.3 Tratamiento rehabilitador	33
2.8 La enfermedad de Parkinson y su impacto socioeconómico	34
2.9 Sistema Operativo Móvil	36

2.9.1 Tipos de Sistemas Operativos Móviles	37
2.9.1.1 Sistema Operativo Android	37
2.9.1.2 Sistema Operativo IOS	38
2.9.2 Aplicaciones Móviles	38
2.9.2.1 Características	38
2.9.2.2 Aplicaciones Nativas	39
2.9.2.2.1 Ventajas Aplicaciones Nativas	40
2.9.2.2.2 Desventajas Aplicaciones Nativas	40
2.9.3 Aplicaciones Híbridas	40
2.9.3.1 Ventajas Aplicaciones Híbridas	41
2.9.3.2 Desventajas Aplicaciones Híbridas	41
2.9.4 Aplicaciones Web.....	41
2.9.4.1 Ventajas Aplicaciones Web	42
2.9.4.2 Desventajas Aplicaciones Web	43
2.9.5 Comparación	43
2.9.6 Base de datos	44
2.9.6.1 Base de datos móviles	45
2.9.6.2 Tipos de Base de datos móviles	45
2.9.6.2 Ventajas y Desventajas de Base de datos móviles	45
2.9.6.3 Arquitectura de Base de datos móviles	46
2.10 Framework	48
2.10.1 Ionic	49
2.10.1.1 Recursos de Ionic	49
2.10.1.1.1 Node Js	49
2.10.1.1.2 Angular	50
2.10.1.1.3 Apache Cordova	51
2.10.2 Spring	51
2.10.2.1 Java	53
2.11. Inteligencia Artificial	54
2.11.1 Machine Learning	54
2.11.2 Tipo de Machine Learning	55
2.11.2.1 Aprendizaje Supervisado	55
2.11.2.1.1 Algoritmo de Clasificación	55
2.11.2.1.2 Algoritmo de Regresión	56
2.11.2.2 Aprendizaje No Supervisado	57
2.11.2.2.1 Agrupamiento ó Clustering	57
2.11.2.2.2 Reducción dimensional	58
2.11.2.3 Aprendizaje Profundo	59
2.11.3 Modelos de Machine Learning	60
2.11.3.1 Modelos Lineales	60
2.11.3.2 Modelos de Árbol	60
2.11.3.3 Redes neuronales	61
2.11.4 Fases de desarrollo	61
2.11.4.1 Fases de Entrenamiento	61

2.11.4.2 Fases de Prueba	61
2.11.5 Aplicaciones de Machine Learning	62
CAPITULO III. ESTADO DEL ARTE METODOLÓGICO	65
3.1. Metodología	65
3.2 Planificación	65
3.3 Desarrollo	66
3.4 Resultados	69
3.5 BenchMarking	75
3.6 Estudios Parecidos	76
3.6.1 TREMOR12: An Open-Source Mobile App for Tremor Quantification	76
3.6.2 STOP: A Smartphone-based Game for Parkinson's Disease Medication Adherence	76
3.6.3 Monitorización de la actividad neuromotriz de un paciente de Enfermedad de Parkinson	78
3.6.4 Desarrollo de una app para el diagnóstico diferencial de pacientes con Parkinson y temblor esencial	79
3.6.5 Tremor Detection Using Smartphone-based Acoustic Sensing	80
3.6.6 Procesado de señales procedentes de smartphones para el análisis de temblores fisiológicos	82
CAPITULO IV. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	87
4.1 Descripción del sistema	87
4.2 Requerimientos Funcionales	88
4.3 Requerimientos Del Sistema	90
4.4 Procesos Del Negocio	90
4.4.1 Lista De Actores Del Negocio	90
4.4.2 Lista De Casos De Uso Del Negocio	91
4.4.3 Diagrama General De Casos De Uso	91
4.4.4 Especificaciones De Los Casos De Uso Del Sistema	92
4.5 Diagramas De Actividades	99
4.6 Diagramas De Secuencia	104
4.7 Representación Arquitectural	108
4.8 Vista De Despliegue	110
4.9 Tamaño Y Rendimiento	111
4.10 Calidad	111
4.11 Modelos	112
4.11.1 Modelo Entidad - Relación	112
4.11.2 Modelo Lógico	113
4.11.3 Modelo Físico	113
4.12 Análisis Económico	114
4.12.1 Presupuesto Del Hardware Utilizado	114
4.12.2 Presupuesto Del Software Utilizado	114

4.12.3 Presupuesto complementarios	115
4.12.4 Análisis Costo Beneficio	115
CAPITULO V. INGENIERÍA DEL ARTEFACTO	118
5.1 Metodología para la implementación	118
5.2 Diseño de las Interfaces	120
5.2.1 Interfaz de Inicio	120
5.2.2 Interfaz de Registro de Usuario	121
5.2.3 Interfaz de Opciones	122
5.2.4 Interfaz de Historial	124
5.2.4.1 Visualizar	124
5.2.4.2 Eliminar	125
5.2.4.3 Compartir	126
5.2.5 Interfaz de Temblor Parkinsoniano	126
5.2.5.1 Procesamiento de Datos	127
5.2.5.2 Predicción uso de Regresión Lineal	130
5.2.6 Interfaz de Alarma	135
5.2.7 Interfaz de Congelamiento	135
CAPITULO VI. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	138
6.1 Conclusiones.....	138
6.2 Limitaciones	139
6.3 Trabajos Futuros.....	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	141
ANEXOS	147
Anexo A Manual de Usuario Parkinson Analyzer	148

INDICE DE FIGURAS

1.1 Esquema de la propuesta de solución	9
1.2 Flujograma para la lectura de la tesis	11
2.1 Algoritmo terapéutico en la EP inicial	25
2.2. Sistemas Operativos Móviles más usados	36
2.3. Comparación Gráfica de las Aplicaciones Móviles	43
2.4 Arquitectura de una base de datos móvil	46
2.5. Ejemplo de Algoritmo de Clasificación	55
2.6 Ejemplo de Algoritmo de Regresión	56
2.7 Agrupamiento o Clustering	57
2.8 Reducción Dimensional	58
2.9 Aprendizaje Profundo	59
2.10 Fases de Machine Learning	61
3.1 Proceso Sistemático de revisión de la literatura	67
3.2 Gráficas ampliadas y sin ampliar en la medición de datos	77
3.3 Diagrama del flujo de la herramienta desarrollada	79
3.4 Estructura de toma de decisiones de TREMOR	80
3.5 Demostración de la Aplicación Tremor	81
3.6. Pantalla Inicial de Tremor Insight	82
3.7 Pantalla de Registro de Tremor Insight	82
3.8 Pantalla de Funcionalidades de Tremor Insight	83
3.9 Datos Recogidos de Tremor Insight	84
4.1 Modelo de Caso de Uso de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	91
4.2 Diagrama de Actividad CN-01 – Registrar Usuario	98
4.3 Diagrama de Actividad CN-02 – Login	98
4.4 Diagrama de Actividad CN-03 – Editar Usuario	99
4.5 Diagrama de Actividad CN-04 – Recuperar Contraseña	99
4.6 Diagrama de Actividad CN-05 – Registrar Temblor	100
4.7 Diagrama de Actividad CN-06 – Registrar Alarma	101
4.8 Diagrama de Actividad CN-07 – Registrar Congelamiento	101
4.9 Diagrama de Actividad CN-08 – Ver Historial	102
4.10 Diagrama de Actividad CN-09 – Cerrar Sesión	102
4.11 Diagrama de Secuencia CN-01 – Registrar	103

4.12 Diagrama de Secuencia CN-02 – Login	103
4.13 Diagrama de Secuencia CN-03 – Editar Usuario	104
4.14 Diagrama de Secuencia CN-04 – Recuperar Contraseña 1	104
4.15 Diagrama de Secuencia CN-05 – Registrar Temblor	105
4.16 Diagrama de Secuencia CN-06 – Registrar Alarma	105
4.17 Diagrama de Secuencia CN-07 – Registrar Congelamiento	106
4.18 Diagrama de Secuencia CN-08 – Ver Historial	106
4.19 Diagrama de Secuencia CN-09 – Cerrar Sesión	107
4.20 Arquitectura de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	108
4.21 Vista de Despliegue Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	110
4.22 Modelo Entidad - Relación de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	111
4.23 Modelo Lógico de la Aplicación Móvil STRAC	112
4.24 Modelo Físico de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	112
5.1 Esquema general de Metodología SCRUM	118
5.2 Interfaz de Inicio de la Aplicación Parkinson Analyzer	120
5.3 Interfaz de Registro de Usuario a la Aplicación Parkinson Analyzer	121
5.4 Interfaz de Opciones a la Aplicación Parkinson Analyzer	122
5.5 Interfaz de Opciones a la Aplicación Parkinson Analyzer	123
5.6 Interfaz de Visualización del Historial	124
5.7 Interfaz de Confirmación de la eliminación de un Historial	124
5.8 Interfaz de Compartir de Historial	125
5.9 Interfaz de Temblor Parkinsoniano	126
5.10 Captura de la aplicación móvil en ejecución	128
5.11 Documento en formato PDF resultados del Temblor Parkinsoniano	132
5.12 Documento en formato PDF de la predicción del Temblor Parkinsoniano	133
5.13 Interfaz de Compartir de Historial	133
5.14 Interfaz de Congelamiento	135
5.15 Correo de Confirmación del envío del Resultado de Congelamiento	135
5.16 Archivo PDF del Análisis de Congelamiento	136

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Criterios clínicos del Banco de Cerebros de la Sociedad de Enfermedad de Parkinson del Reino Unido	14
Tabla 2.2. Síntomas No Motores Mas Comunes en la Enfermedad de Parkinson	24
Tabla 2.3. Fármacos comúnmente empleados en el manejo de la EP	28
Tabla 2.4. Criterios de selección para tratamiento quirúrgico de la EP	31
Tabla 2.5. Costos Directos e Indirectos por año de la enfermedad de Parkinson	34
Tabla 2.6. Costos Según Estadio de la enfermedad de Parkinson	34
Tabla 2.7. Ventajas y Desventajas Base de Datos Móviles	46
Tabla 3.1 Lista de Keywords	66
Tabla 3.2 Criterios de Selección y Exclusión	67
Tabla 3.3 Criterios de Selección y Exclusión	69
Tabla 3.4 Estudios Seleccionados	72
Tabla 3.5 Bencharking	75
Tabla 4.1 Requerimiento Funcionales de la Aplicación Móvil Parkinson Analyzer	88
Tabla 4.2 Requerimiento No Funcionales de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	89
Tabla 4.3 Requerimiento del Sistema de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	89
Tabla 4.4 Lista de Actores de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	91
Tabla 4.5 Lista de Casos de Uso del Negocio de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	91
Tabla 4.6 Especificación de Caso de Uso N.º 1 - Registrar	92
Tabla 4.7 Especificación de Caso de Uso N.º 2 - Login	93
Tabla 4.8 Especificación de Caso de Uso N.º 3 – Editar Usuario	93
Tabla 4.9 Especificación de Caso de Uso N.º 4 – Recuperar Contraseña	94
Tabla 4.10 Especificación de Caso de Uso N.º 5 – Registrar Temblor	94
Tabla 4.11 Especificación de Caso de Uso N.º 6 – Registrar Alarma	95
Tabla 4.12 Especificación de Caso de Uso N.º 7 – Registrar congelamiento	96

Tabla 4.13 Especificación de Caso de Uso N.º 8 – Ver Historial	97
Tabla 4.14 Especificación de Caso de Uso N.º 9 – Cerrar Sesión	98
Tabla 4.15 Presupuesto del Software Utilizado en la Construcción de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	114
Tabla 4.16 Presupuesto Complementarios Utilizado en la Construcción de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer	115
Tabla 4.17 Presupuesto Total de la Aplicación Móvil Parkinson Analyzer	116
Tabla 5.1 Planificación de Actividades	119

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 Antecedentes del Problema

El doctor James Parkinson, fue la primera persona que describió hace dos siglos la enfermedad del Parkinson, de ahí el nombre de la enfermedad, quien lo caracterizó por dificultad de movimiento, temblores y rigidez. (Zurita, 2017). Al presente existen 7 millones de pacientes con esta enfermedad en el mundo, afectando a una de cada 100 personas mayores de 60 años; la Organización Mundial de la Salud (OMS) pronostica que al año 2030 alcanzarán a ser más de 12 millones de personas. (América Economía, 2018).

Al ser una enfermedad crónica, que avanza de forma gradual vinculando al sistema nervioso central causando la muerte de las neuronas dopaminérgicas, siendo ellas encargadas de generar dopamina, que es un neurotransmisor, primordial para la función motriz de un individuo (La República, 2018); y también para las personas que los rodean, ya que conlleva una cadena de trastornos tanto económicos, psico-emocionales y sociales que deben ser asumidos y conocidos por la familia y el paciente. La enfermedad consta de diferentes etapas involucrando sentimientos como

depresión, insatisfacción, angustia, desesperanza, enojo, ira, tristeza e incertidumbre. (Ministerio de Salud, 2010).

En todo el mundo existe mucha investigación médica tratando de descubrir el origen de la enfermedad, más aún no existe una medicación o tratamiento para el Parkinson. (PERÚ21, 2019), además existen alternativas que modifican la progreso de la enfermedad para mantener la calidad de vida de quienes la padecen (Infobae, 2019) .

El tratamiento inicial para Parkinson es a partir de la administración de una combinación de levodopa y otros fármacos dopaminérgicos para compensar el agotamiento de la dopamina, que es la principal la causa de la colectividad de las sintomatologías (Micheli & Fernández Pardal, 2010). Estos pacientes también requieren terapia de rehabilitación complementaria, que envuelve tratamiento psicológico, terapia ocupacional, fisioterapia y terapia del habla (Morris, 2000).

La medición de los efectos de esta terapia requiere una evaluación continua y adecuada utilizando herramientas objetivas; esto nos permite brindar la mejor atención y el mejor tratamiento posible en todo momento. Los últimos años han visto una ampliación en el uso de la tecnología de la información en la atención médica. En el área de la enfermedad neurológica, se están descubriendo nuevas tecnologías de evaluación y tratamiento apoyadas en sistemas robóticos, telerehabilitación, realidad virtual y en análisis de movimiento (H & Storey, 2004).

Indistintamente, es indudable de la posibilidad que las aplicaciones móviles puedan ser capaces de reducir distancias geográficas, permitiendo accesos, diagnósticos de conocimiento de varios especialistas mediante la conexión con los centros de salud de distinto nivel. Dicha oportunidad hay que tomarlo en cuenta entre los poblados y ciudades de distintos tamaños, y no solo la separación urbano – rural. Así mismo, con el continuo envejecimiento de la población, las diversas aplicaciones de remotas o televigilancia, conseguirán más notabilidad para el control de pacientes crónicos. También, favorecerá a la calidad de la atención, reduciendo las brechas de acceso a la capacitación continua de los equipos de salud distribuidos en los territorios (NewLetter 12: Salud y TIC, 2010).

Actualmente en Perú, cada año existen tres mil nuevos casos de individuos con sintomatologías claras que manifiestan la enfermedad del Parkinson y afecta 30 mil personas, según el Instituto Nacional de Ciencias Neurológicas (INCN), del Ministerio de Salud- (Ministerio de Salud, 2019). Por su parte, la doctora Patricia Pimentel Álvarez, directora del Instituto de Evaluación de Tecnologías en Salud e Investigación del Seguro Social, comunicó que, EsSalud en el año 2018 invirtió más de 2 millones 700 mil soles en fármacos destinados al tratamiento de pacientes con esta enfermedad (ANDINA, 2018). El especialista en Neurocirugía Camilo Contreras, quien consta más de 30 años de experiencia en este campo y fue uno de los pioneros en ejecutar la cirugía de Estimulación Cerebral Profunda para tratar casos avanzados de la enfermedad. Comenta que existe la opción quirúrgica para esta enfermedad colocando un neuro estimulador similar a un marcapasos que se programa desde afuera y remite señales eléctricas a áreas específicas del cerebro que controlan el movimiento. Este sistema se implanta por debajo de la piel de manera que no es

visible a simple vista, puede durar unos cinco años y logra muy buenos resultados, pues mejora de manera significativa los síntomas y los temblores de la enfermedad. Pero solo puede ser fructífero en un porcentaje de pacientes que deben ser calificados rigurosamente por un protocolo que ha sido estandarizado a nivel mundial (SAUSA, 2018). Así mismo que el paciente haya respondido bien inicialmente a la medicación con Levodopa-carbidopa/levodopa (Cirugiadeparkinsonperu, 2019).

1.2 Definición o Formulación del Problema

Entre los problemas existentes podemos mencionar:

- ☒ Los pacientes con Parkinson requieren terapia de rehabilitación complementaria estas soluciones suelen ser muy costosas, limitando su uso en la práctica clínica, independientemente de su eficacia.
- ☒ Al ser una enfermedad progresiva los pacientes son sometidos a un régimen de medicamentos para controlar los problemas de movilidad, este tratamiento es personalizado para un control efectivo, sin embargo, es difícil para el paciente mantener el régimen; se requiere un control y alarma diaria que recuerde al paciente que fármaco tomar.
- ☒ Otras enfermedades constan con la misma similitud de síntomas, conllevando que el diagnóstico sea incierto y difícil de corroborar; al no existir una prueba legítima es necesario un historial médico y un examen físico para divisar los signos principales de la enfermedad.
- ☒ La Escala Unificada de la Enfermedad de Parkinson (UPDRS), es una escala que permite determinar el avance de la EP, está conformada un conjunto de

pruebas motoras y no motoras. Se realizan en un ambiente controlado pero el problema es que no se toma en cuenta el día a día del paciente.

1.3 Importancia del Problema

Después del Alzheimer, el Parkinson es la segunda enfermedad neurodegenerativa en incidencia y prevalencia. Se estima que en años venideros exista un incremento importante en la incidencia de esta enfermedad. (Martínez Fernández, Gasca Salas, Sánchez Ferro, & Obeso, 2016) Aunque el Parkinson no produce la muerte directamente, si un paciente no recibe tratamiento terminará al final con una gran discapacidad y complicaciones por estar postrados, como escaras o una neumonía.

El Parkinson es una patología progresiva, la rapidez con la enfermedad avanza es versátil según cada paciente, se puede aplacar la intensidad(impaciencia) y el ritmo (velocidad) de los síntomas razonablemente con la administración medica antiparkinsoniana a cada caso y terapias de rehabilitación complementarias. La calidad de vida cotidiana puede ser satisfactoria durante muchos años. (Asociación Parkison Madrid, s.f.) Los factores que afectan en la calidad de vida relacionada con la salud en pacientes con EP incluyen la severidad de la enfermedad, inestabilidad postural, duración de la misma y complicaciones motoras, dolor, ansiedad, sueño, deterioro cognitivo y limitaciones de las actividades de la vida diaria. (Martínez Jurado, Cervantes Arriaga, & Rodríguez Violante, 2010)

La automatización de las TIC puede favorecer de manera importante al sector salud. Nuevos flujos de atención al cliente mediante información articulada sobre la historia

clínica del paciente pueden mejorar los tiempos y costos de operaciones administrativas.

La innovación mediante las TIC alcanza múltiples aspectos desde el monitoreo de los pacientes en tiempo real mediante el “Internet de las cosas” o la telemedicina para la atención de personas que residen en zonas remotas de difícil acceso. El apogeo de Internet se relaciona con el creciente desarrollo de aplicativos en dispositivos móviles, innovaciones que enriquecen al mejoramiento de la salud. (Orduz, y otros, 2013)

1.4 Objetivos

En esta sección se describe una lista de objetivos tanto generales como específicos.

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar una aplicación móvil híbrida capaz de monitorear y pronosticar el temblor Parkinsoniano basada en la técnica de regresión lineal para la enfermedad de Parkinson

1.4.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son:

OE1. Analizar, describir y comparar las estrategias existentes en el Estado del Arte para identificar las técnicas, algoritmos y métricas más usados en Machine Learning.

OE2. Realizar una revisión de las etapas, síntomas motores, diagnóstico y tratamientos existentes para las personas que tienen la Enfermedad de Parkinson.

OE3. Realizar un Benchmarking basado en los criterios, de otros trabajos realizados.

OE4. Diseñar un software de predicción basa en las técnicas de machine learning e implementarlo a partir de las tecnologías empleadas en la actualidad.

OE5. Utilizar la arquitectura más adecuada para el correcto funcionamiento del software.

OE6. Disponer de la plataforma Google Play para la descarga y uso correspondiente para las personas con Parkinson.

OE7. Elaborar un manual de usuario donde se detalle el correcto uso de la aplicación móvil.

1.5 Alcances

El alcance de la presente investigación se resume en los siguientes puntos:

- Se plantea este proyecto para las personas que se encuentren con la enfermedad de Parkinson.
- La aplicación será capaz de poder monitorizar el temblor parkinsoniano, como también predecir los próximos 6 segundos siguientes.
- Llevar un control del estado de congelamiento de la marcha.
- Podrá alertar por medio de una alarma que pastilla correspondiente debe ser ingerida en el transcurso del día.
- Se desarrollará una aplicación intuitiva y fácil de usar para el usuario.
- Se realizará el estado del arte de las últimas investigaciones tanto en ingeniería de software, ingeniería de sistemas e ingeniería electrónica.
- La investigación para desarrollar tiene un periodo de un año, teniendo en cuenta que la aplicación tiene que pasar diferentes etapas de pruebas y mejoras para su presentación final.

1.6 Justificación

1.6.1 Justificación Científica

Al término de esta investigación se tendrá las herramientas necesarias para poder llevar un control adecuado de los pacientes para que los doctores puedan ver el avance y control de la enfermedad para futuro. Este historial clínico digital luego podrá servir de base para futuras investigaciones.

1.6.2 Justificación Social

Al ser una enfermedad progresiva, la calidad de vida del paciente va decreciendo con el tiempo. Se plantea que con esta aplicación y correcto análisis del médico especialista pueda el paciente tener control más preciso, así mismo poder remotamente ver el avance bajo un ambiente no controlado, datos que son relevantes para entender la actividad diaria afectada por la EP. Así mismo el uso de las TIC deben romper las brechas y que no solo estén ligadas a una empresa, área de trabajo u ocupación. Sino que habrá camino para que las personas puedan gozar los múltiples adelantos que aportar al mejoramiento de la salud.

1.6.3 Justificación Económica

Valorizando la aplicación móvil en la plataforma Google Play se podría tener ingresos según sea el caso como: app de pago, app de forma gratuita con publicidad, app con suscripción y app premium.

1.7 La propuesta de solución

Se propone hacer una aplicación móvil capaz:

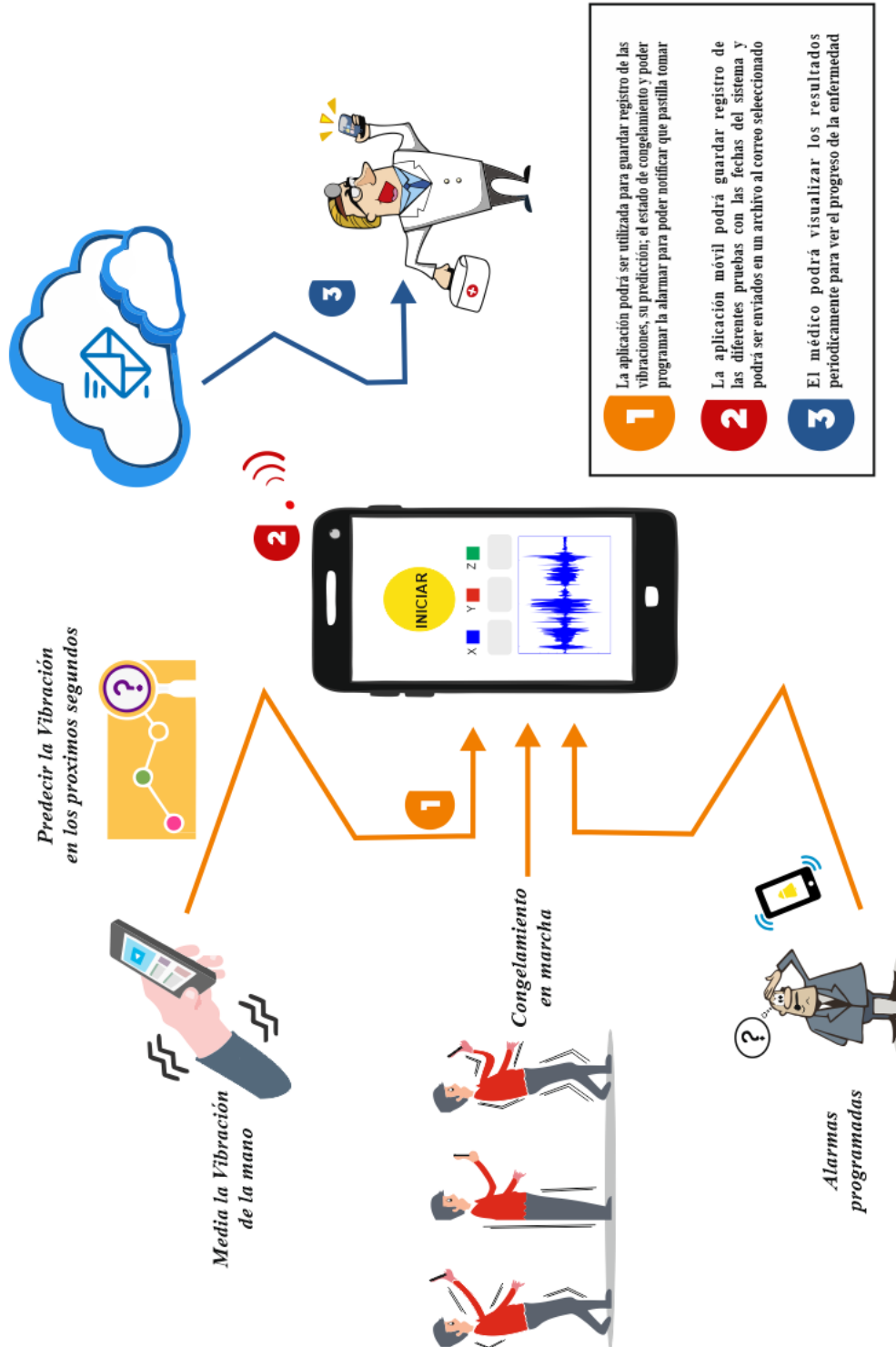
- Para medir el registro de vibración por medio la mano de una persona y a su vez poder predecir los próximos 6 segundos de una persona con Parkinson.
- Llevar el control del congelamiento al momento que una persona se encuentra en marcha dentro de un ambiente no controlado.
- Capaz de avisarnos por medio de alarmas programadas que pastilla podrá ingerir el paciente.

La aplicación podrá recolectar 3 parámetros: aceleración (en g) en tiempo real de ejes X, Y y Z, rotación (en radianes), velocidad de rotación (en radianes por segundo).

Los tres parámetros ofrecen la cuantificación del temblor, ya que por medio de la transformada inversa de Fourier nos podrá brindar la frecuencia (en Hz) de los temblores. En la pantalla debe mostrar las gráficas tanto de la aceleración como de los espectros de los temblores. En tanto a la alarma de pastillas contara con la funcionalidad de poder programar la dosis diaria de pastillas y poder vibrar o sonar el celular para informarnos con tiempo que pastilla esta próxima ser ingerida.

Así mismo permitiendo tener los resultados en un documento que podrá ser verificado remotamente al ser enviado por correo electrónico.

Figura 1.1 Esquema de la propuesta de solución



Fuente: Autoría Propia

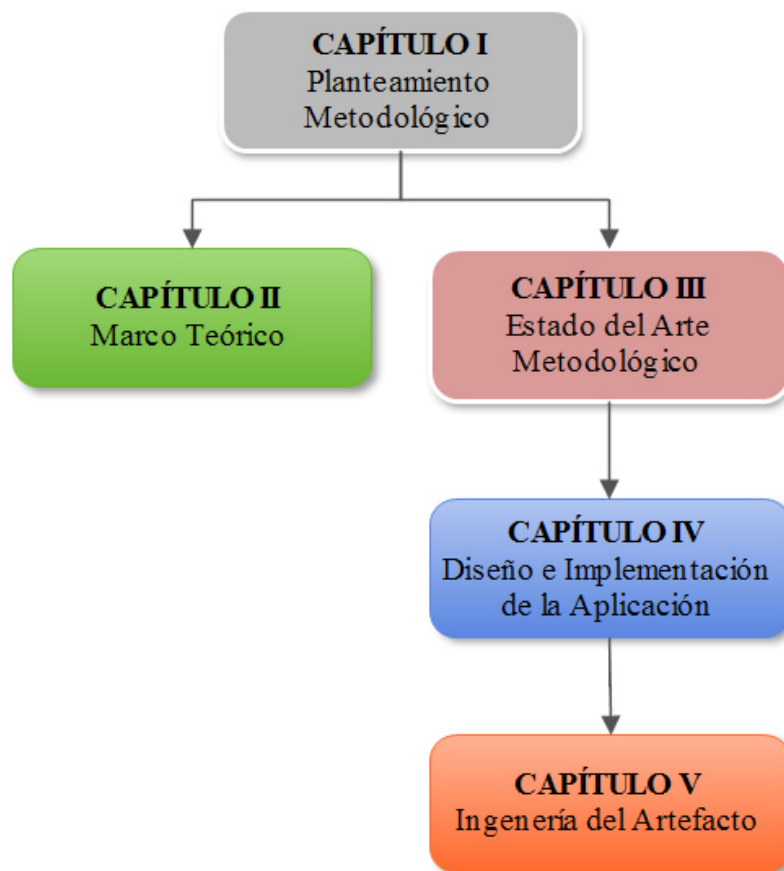
1.8 Organización de la tesis

La presente investigación se estructura en 7 capítulos que van desde el planteamiento metodológico hasta las conclusiones y recomendaciones:

- ☑ **Capítulo 1: Planteamiento Metodológico.** Antecedentes del problema, definición o formulación del problema, importancia del problema, objetivos, alcances, justificación, la propuesta y organización del presente trabajo.
- ☑ **Capítulo 2: Marco Teórico.** James Parkinson. Diagnóstico de la Enfermedad de Parkinson. Diagnóstico clínicamente definitivo. Criterios de exclusión para el diagnóstico de la EP. Criterios que apoyan el diagnóstico. Escalas en la enfermedad de Parkinson. Epidemiología. Etiología. Causas de la enfermedad de Parkinson. Estadios de la Enfermedad de Parkinson. Tratamientos. La enfermedad de Parkinson y su impacto socioeconómico. Sistema Operativo Móvil. Aplicaciones Móviles. Framework. Inteligencia Artificial. Machine Learning.
- ☑ **Capítulo 3: Estado del Arte Metodológico.** Metodología. Planificación. Desarrollo y Resultados. Benchmarking de los diferentes casos estudio. Resumen y aporte de los estudios parecidos.
- ☑ **Capítulo 4: Diseño e Implementación del Sistema.** Requerimientos Funcionales, No Funcionales y del Sistema. Procesos, lista de actores de los casos de uso, con sus respectivas especificaciones de caso de uso. Diagramas de secuencia, actividad. Representación Arquitectural. Vista de Despliegue, tamaño, rendimiento. Modelo lógico, físico y entidad relación. Análisis económico. Análisis económico. Análisis Costo beneficio.

- ☑ **Capítulo 5: Ingeniería del Artefacto.** Metodología para la implementación. Diseño de Interfaces. Interfaz: Inicio, Registro de Usuario. Interfaz de Opciones, Historial, Temblor de Parkinsoniano, Alarma y Congelamiento.
- ☑ **Conclusiones, limitaciones y trabajos futuros.**

Figura 1.2 Flujograma para la lectura de la tesis



Fuente: Autoría Propia

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. James Parkinson

James Parkinson, médico inglés, en 1817 describe una anomalía clínica a la que denomina “parálisis agitante o temblorosa”. Esta anomalía manifestaba seis casos representados por temblor, marcha festinante con propulsión y lentitud en los movimientos. Su trabajo en la época no conto mucha propagación ni fama (Chana, 2010). En ese tiempo, el médico pensaba que una de las causas de esta anomalía estaba vinculada a la variación en la actividad de la médula espinal, extendiéndose al bulbo raquídeo. A pesar de esto, Parkinson mencionaba que no existía algún tipo de “modificación del intelecto ni de los sentidos” (American Neuropsychiatric Association, 2002) .

En otros tiempos, Charcot enfatizo que lo descubierto por Parkinson era realmente una anomalía clínica, pero que los análisis no era producto de la parálisis y que el temblor no era una característica en todos los pacientes. Adicionalmente, asoció a esta anomalía diferentes síntomas como la bradicinesia y la rigidez. En homenaje a

esta descubierta y su temprana descripción clínica, se difundió el uso del nombre de Enfermedad de Parkinson (Chana, 2010) .

2.2 Características diagnósticas de la Enfermedad del Parkinson

En estadios tempranos, el diagnóstico resulta difícil y complejo. Por otra parte, se ha identificado que existe un margen de error diagnóstico del 5-10% en la EP. Debido a esto, se consideran diversos criterios clínicos, entre los más frecuentes están los descritos por el Banco de Cerebros de la Sociedad de Enfermedad de Parkinson del Reino Unido, los cuales se consideran que tienen una certeza diagnóstica del 90 %. Para identificar el Parkinson se recomienda seguir los siguientes criterios: a) síntomas esenciales para el diagnóstico del síndrome parkinsoniano; b) criterios de exclusión para el diagnóstico de la EP; y c) criterios que apoyan el diagnóstico de la EP (ver Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Criterios clínicos del Banco de Cerebros de la Sociedad de Enfermedad de Parkinson del Reino Unido

SÍNTOMAS ESENCIALES PARA EL DIAGNÓSTICO DEL SÍNDROME PARKINSONIANO	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN PARA EL DX DE LA EPI ANTECEDENTES DE ACV REPETIDO, PROGRESIÓN ESCALONADA DE SIGNOS PARKINSONIANOS	CRITERIOS QUE APOYAN EL DIAGNÓSTICO DE EPI (SE REQUIEREN TRES O MÁS PARA EL DIAGNÓSTICO DEFINITIVO DE EPI)
Bradicinesia (lentitud en la iniciación del movimiento voluntario, progresiva reducción en velocidad y amplitud de acciones repetitivas).	Antecedentes de TCE repetido, de encefalitis, crisis oculogiras; uso de neuroléptico al inicio de los síntomas; más de un pariente afectado; remisión sostenida.	<ul style="list-style-type: none"> • Comienzo unilateral • Temblor de reposo • Cuadro progresivo • Asimetría persistente que compromete más el lado donde comenzó

<p>Por lo menos uno de los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rigidez • Temblor de reposo de 4 a 6 HZ • Inestabilidad postural no causada por compromiso visual, vestibular, cerebeloso o propioceptivo 	<p>Síntomas unilaterales luego de 3 años de evolución:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parálisis supranuclear de la mirada • Signos cerebelosos • Compromiso autonómico temprano y severo • Demencia precoz con trastornos amnésicos del lenguaje y praxia • Signo de babinski • Presencia de un tumor cerebral o hidrocefalia comunicante en la TAC • Falta de respuesta a dosis adecuadas de levodopa (si se excluye mala absorción) • Exposición a MPTP 	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente respuesta (70-100 %) a la levodopa • Corea severa inducida por levodopa • Respuesta a la levodopa de 5 años o más • Curso clínico de 10 años o más
--	---	---

Fuente: (Estrada-Bellmann & Martínez Rodríguez, 2011)

2.2.1 Diagnóstico clínicamente definitivo

Son considerados los siguientes criterios para un diagnóstico clínicamente definitivo:

- 1) Un año o más de existencia de los siguientes síntomas (signos motores cardinales): rigidez, temblor de reposo y bradicinesia;
- 2) Respuesta inmunológica a la administración del medicamento levodopa, con aplicación durante un mes, en la que ocasione moderado o marcado grado de mejoría (30 % de mejoría en Escala UPDRS) y mejoría clínica de un año o más.

2.2.2 Criterios de exclusión para el diagnóstico de la EP según (Estrada-Bellmann & Martínez Rodríguez, 2011)

- 1) Curso remitente;
- 2) Progresión escalonada;
- 3) Tratamiento con neurolépticos en el transcurso del año previo;
- 4) Exposición a drogas o toxinas con conocido efecto parkinsoniano;
- 5) Historia de encefalitis;
- 6) Parálisis supranuclear;
- 7) Signos cerebelosos;
- 8) Signos piramidales;

- 9) Lesiones de la neurona motora inferior;
- 10) Deterioro autonómico grave antes o después del inicio del síndrome de Parkinson;
- 11) Pérdida de la memoria desde el inicio de la enfermedad;
- 12) Del principio inestabilidad postural;
- 13) Enfermedad vascular cerebral evidente, y
- 14) Pérdida de la sensibilidad cortica y apraxia asociada a la distonía unilateral.

2.2.3 Criterios que apoyan el diagnostico según (Estrada-Bellmann & Martínez Rodríguez, 2011)

- A. Signos motores cardinales: Temblor de reposo distal (3-7 HZ) frecuencia: 69-100 %
- B. Bradicinesia frecuencia 77-98 %
- C. Rigidez frecuencia 89-99 %
- D. Inicio asimétrico frecuencia 72-75 %
- E. Excepción de síntomas atípicos: fenómeno de “congelamiento” precoz, inestabilidad postural precoz (los primeros tres años del inicio), alucinaciones no relacionadas con la farmacoterapia, parálisis de la mirada vertical, demencia precoz, disautonomía grave no relacionada con la farmacoterapia, causas claras de parkinsonismo sintomático.

2.2.4 Escalas de la enfermedad de Parkinson

Una forma de medir la discapacidad ocasionada por la EP es a través de escalas. Estas evalúan diversos factores: síntomas no motores, función motora, complicaciones del tratamiento, capacidad de autonomía del paciente, los signos, síntomas asociados y las fluctuaciones. La escala clínica de valoración más utilizada actualmente es la

UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale: Escala Unificada para Estratificar la Enfermedad de Parkinson). Escala muy utilizada en la mayoría de los estudios clínicos, que incluyen la valoración de los signos motores y los no motores, complicaciones del tratamiento y las fluctuaciones.

La Escala Unificada de Evaluación de la Enfermedad de Parkinson (UPDRS) tiene cuatro signos o ítems a evaluar:

I. Estado mental, comportamiento y estados de ánimo

II. Actividades de la vida diaria (determinar en on/off)

III. Exploración de signos motores

IV. Complicaciones del tratamiento

Cada uno de estos ítems tienen una puntuación que varía de 0 a 4. Considerando un valor de 0 si el signo se encuentra normal y un valor de 4 cuando el signo está muy anormal o existe afección avanzada. La UPDRS tiene un valor pronóstico pues debido a que cuanto mayor es la puntuación, mayor será la discapacidad (Estrada-Bellmann & Martínez Rodríguez, 2011).

2.3 Epidemiología

De forma común, la EP inicia normalmente entre los 50 y los 60 años, y su intensidad aumenta proporcionalmente con el aumento de la edad. La edad promedio del inicio de los síntomas es de 62,4 años. Un cuadro de Parkinson a temprana edad como por ejemplo a los 30 años es extraño (Parkinson juvenil), pero se ha constatado que el 10% de casos estudiados comienza en los 40 años (Parkinson de aparición precoz). Es complicado estimar la cantidad de personas afectas (prevalencia), así como el número de personas afectadas cada año (incidencia). Esto se debe a las disímiles metodologías y discernimientos diagnósticos realizados en diferentes estudios.

Estudios a profundidad de casos (puerta a puerta) han identificado un 40% más de casos de los que se tenían registrados al ser previamente diagnosticados (Catalán Alonso & Rojo Sebastián).

Diversos estudios occidentales mencionan que la presencia de esta enfermedad va entre 100-200 por cada 100.000 habitantes. Investigaciones científicas realizadas en Corea, Singapur y Australia se han identificado idénticas comparaciones con los países occidentales (Chana, 2010). Por otro lado, en el continente africano se han manifestado tasas menores de otros lugares geográficos (Chana, 2010).

La incidencia en el vecino país del sur, Chile, fue aproximado en 190 casos por cada 100.000 habitantes, por medio un estudio epidemiológico de enfermedades neurológicas con metodología puerta a puerta, alcanzando hasta el 1 % en mayores de 65 años (Chana, 2010).

Estas fluctuaciones tienen su explicación, aparte de los mencionados factores metodológicos, primando como principal responsable la mayor edad . Las pronósticos y proyecciones indican un aumento global de la incidencia de EP, debido al aumento de la expectativa de vida en la población (Chana, 2010).

Dorsey y colaboradores estimaron que, en los países más poblados, el número de pacientes con EP era cercano a 4,5 millones en 2005 y que esa cifra se duplicaría hacia el 2030 (Chana, 2010). Las proyecciones de la Organización Mundial de la Salud también indican un incremento de la incidencia de esta enfermedad por el proceso natural de envejecimiento de la población (Chana, 2010).

La mayor incidencia al Parkinson se encuentra entre los 60 y 69 años; los casos en menores de 40 años son poco comunes y representan menos de 5% del total. A modo general, se calcula que entre 1% y 2% de la población mayor de 65 años presenta Parkinson, llegando hasta el 5% en los mayores de 85 años. (Chana, 2010)

La incidencia de Parkinson acostumbra ser mayor en hombres, específicamente, entre 1.5 a 2 veces más que la reportada en mujeres. Esto es especialmente evidente entre occidentales, ya que los estudios en población oriental han fracasado en la publicación de conclusiones similares. (Chana, 2010)

Un estudio reciente realizado en 238 pacientes acompañados clínicamente por un largo período de tiempo demostró mortalidad cercana a los controles hasta los 10 años de evolución de la enfermedad y aumento de la misma hasta 1.3 veces en aquellos con más de 20 años de evolución. (Chana, 2010)

2.4 Etiología

La EP es considerada como el resultado de la conjunción de múltiples factores que actúan a la vez, la vulnerabilidad genética, el envejecimiento, y a factores ambientales.

Papel del envejecimiento

Anatomopatológicamente, el envejecimiento se relaciona a una baja de las neuronas pigmentadas de la SN, se tiene en cuenta que la incidencia de EP aumenta con la edad, se consiente que ésta no establece simplemente una prortitud del envejecimiento.

Papel de la predisposición genética

No existe antecedentes familiares en la mayoría de enfermos de EP. Solo un 15% tiene un familiar de primer grado afectado.

Papel de los factores ambientales

Importa señalar el contacto con herbicidas y pesticidas, el consumo de aguas de pozo, el medio rural y neurotoxinas como el MPTP (1-methyl-4-phenyl-1,2,3,6-tetrahidropiridina).

No obstante, determinadas exposiciones ambientales pueden reducir el riesgo de adquirir EP, por ejemplo, personas asiduas al tabaquismo y al consumo de café (cafeína). No existe una explicación clara para esta relación inversa (Guerrero Díaz, y otros).

2.5 Síntomas de la enfermedad de Parkinson

Sus síntomas claves son:

- a) tardanza de movimientos,
- b) dureza de las extremidades y el tronco,
- c) el temblor en las manos, los brazos, las piernas o el maxilar inferior,
- d) la disequilibrio postural o alteración del equilibrio,
- e) las variaciones de la marcha.

Así mismo presentan alteraciones en conducta, mentales y cognitivas (Yudofsky & Hales , 2008), y variaciones vegetativas como sialorrea, constipación y seborrea.

El síntoma motor en casi el 20% de los pacientes con enfermedad de Parkinson no se presenta al inicio, pero si presentan síntomas como molestias, fatiga, depresión y musculoesqueléticas; muchos de ellos tienen que pasan entre cuatro y ocho años sin sintomatologías, antes de hacer presencia los síntomas motores. (Chávez León, Ontiveros Uribe, & Carrillo Ruiz, 2013).

2.5.1 Síntomas motores

Al inicio es preciso manifestarse en un solo lado del cuerpo y progresivamente al lado contrario; comienzan focalmente, en una de las extremidades, cuando la concentración de dopamina hunde por debajo de 60 a 70% en la región motora del cuerpo estriado contralateral. Los síntomas motores consisten en:

- a) Temblor. Al inicio de la enfermedad es el sistema más predominante. El temblor en reposo es de 4-6 Hz y es de preponderancia distal. Una de las características

más evidentes está en los dedos de las manos, donde el individuo junta los dedos. De la misma forma, puede existir temblor en las piernas (Rodríguez Oroz, y otros, 2009). Son afectados los músculos de la lengua y mandíbula, pero raramente son afectados del cuello y tronco. Se amplifica el temblor degenerativamente y se extiende a otras zonas del cuerpo. Muchas veces, tiende a desaparecer durante el sueño (Rodríguez Oroz, y otros, 2009).

b) Alteraciones del tono muscular. Son afectados los músculos flexores y extensores. Se aprecia el aumento del tono muscular en reposo, mayor facilidad para la flexión, reducción en la movilización pasiva y aceleración de la resistencia a la extensión; siendo esta extensible poco a poco por toda extremidad afectada. En los pacientes puede hallarse la inexpresividad, y según el avance de la enfermedad puede haber variaciones en el habla (taquifemia o farfulleo) y disfagia por cambios musculoesqueléticas (Chávez León, Ontiveros Uribe, & Carrillo Ruiz, 2013).

c) Acinesia. Definida como la carencia de movimiento y mostrando heterogéneas formas de expresarse:

1. La hipocinesia trata sobre la disminución de la frecuencia, en el parpadeo o en las expresiones faciales, ausencia en el braceo y de movimientos asociados en las actividades de la vida cotidiana, al levantarse, moverse y caminar. Otras manifestaciones son lentitud al escribir o en la amplitud del trazo (Chávez León, Ontiveros Uribe, & Carrillo Ruiz, 2013).
2. La marcha parkinsoniana se manifiesta al momento de la flexión, la disminución en la amplitud de la zancada y en la elevación del pie al caminar; por ende, el paciente

tarde en intentar caminar e inclusive se quede “congelado”. Dentro de la enfermedad es característica una marcha llamada festinante, con gran dificultad para dar el primer paso (Chávez León, Ontiveros Uribe, & Carrillo Ruiz, 2013).

3. La bradicinesia se identifica por la baja velocidad del movimiento con una disminución de su amplitud hasta la desaparición del movimiento; trayendo dificultad en movimientos sincrónicos (Chávez León, Ontiveros Uribe, & Carrillo Ruiz, 2013).

2.5.2 Síntomas no motores

Este síntoma trae consigo bastante relevancia ya que se extiende conforme la enfermedad se extiende y un impacto negativo sobre la calidad de vida que puede ser mayor que el de los síntomas motores (Duncan, Khoo, Yarnall, O’Brien, & Coleman, 2014). Entre estos se puede mencionar la apatía o depresión, disfunción autonómica o síntomas sensitivos, alteraciones del sueño (ver Tabla 2.2).

Diferentes síntomas como el estreñimiento, el trastorno de conducta de sueño REM y la depresión pueden preceder en varios años a las manifestaciones motoras clásicas y por lo tanto al diagnóstico de la enfermedad (Tolosa, Compta, & Gaig, 2007).

Además, otros estudios sugieren que la apatía, fatiga, hipersomnia diurna, alteración de los colores, como cuasi síntomas premotores. Por ende, es esencial el nivel terapéutico pudiendo ralentizar el desarrollo de la enfermedad (Siderowf & Lang, 2012).

Con la medicación dopaminérgica muchos de estos síntomas pueden responder favorablemente en las fluctuaciones no motoras, no obstante, muchos otros tienen orígenes distintos y necesitan de un procedimiento determinado. (Ver Tabla 2.2)

Los síntomas no motores de la Enfermedad de Parkinson son escasamente examinados, porque la visita médica se focaliza en las expresiones motoras, o también a la percepción del especialista al no considerar estos síntomas son propios de la enfermedad. Actualmente hay escalas validadas como el NMS-Quest, SCOPA o la escala UPDRS que colaboran con el reconocimiento y valoración de estos síntomas (Martinez Martin, y otros, 2014).

Tabla 2.2. Síntomas No Motores Mas Comunes en la Enfermedad de Parkinson

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Síntomas neuropsiquiátricos: Depresión, ansiedad, apatía. Alucinaciones (sobre todo visuales), ilusiones y delirios que pueden ser inducidos por la medicación. Deterioro cognitivo leve y demencia. Trastorno del control de impulsos y síndrome de disregulación dopaminérgica (relacionados con agentes dopaminérgicos). Ataques de pánico.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Trastornos del sueño: Trastornos de conducta del sueño REM, hypersomnia diurna excesiva, ataques de sueño, insomnio, síndrome de piernas inquietas y movimientos periódicos de las piernas.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ataques de pánico que pueden aparecer en los episodios “OFF”.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Síntomas sensitivos: Dolor, hiposmia, trastornos visuales (visión borrosa, diplopía, alteración en la visión de los colores).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fatiga.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Disfunción autonómica: Urgencia y frecuencia miccional, nicturia, disfunción sexual, hiperhidrosis e hipotensión ortostática.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Síntomas gastrointestinales: Sialorrea, disfagia estreñimiento.

Fuente: (Raúl, Carmen, Álvaro, & José, 2016)

2.6 Estadios de la Enfermedad de Parkinson

Para clasificar los estados de Parkinson, usualmente se utiliza la clasificación de los estadios de Hoehn y Yahr. Se trata de una escala ordinal que indica la evolución de la enfermedad. Por otro lado, la escala de Schawb & England se gradúa del 100% al 0%, donde el 100% quiere decir ninguna incapacidad y el 0% una invalidez total. A continuación, son descritas las principales características clínicas de la EP en grado diversos grados:

2.6.1 Enfermedad leve: caracterizado por una leve disminución del braceo en el lado afecto, ligera rigidez y leve temblor (Kulisevsky Bojarski). La incapacidad del paciente es nula o pequeña; donde él puede realizar sus actividades diarias, actividades laborales y sociales.

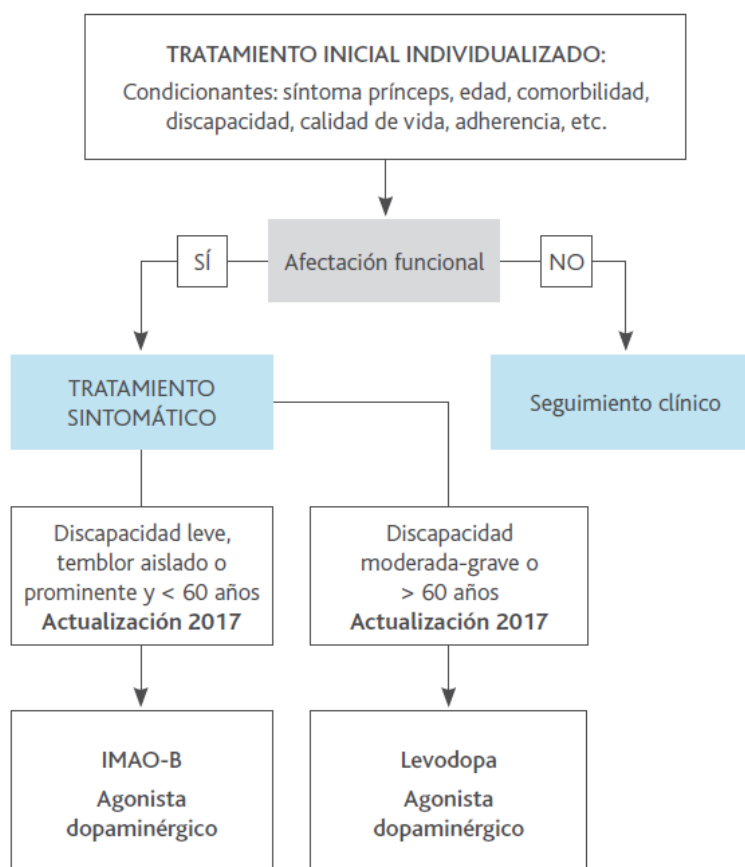
2.6.2 Enfermedad moderada: imposibilita las actividades familiares y sociolaborales. El paciente cuenta con limitaciones, como, por ejemplo: colocar el brazo en la manga en la camisa, abotonarse, bañarse, etc (Kulisevsky Bojarski). Se visualiza la rigidez y bradicinesia son marcadas, el paciente camina arrastrando la pierna, no bracea, el codo se ubica en flexión y la mano comienza a adoptar una postura en tienda de campaña (Kulisevsky Bojarski).

2.6.3 Enfermedad avanzada: Alrededor de 5 a 10 años de gran respuesta del tratamiento con levodopa, las personas llegan a empeorar. Entre las principales complicaciones están las alteraciones del comportamiento y motoras (fluctuaciones y discinesias) (Kulisevsky Bojarski).

2.7 Tratamientos

Existe actualmente mucho debate sobre el inicio del tratamiento en el diagnóstico temprano; no obstante, no exista discapacidad. Sin embargo el momento de dar tratamiento es personalizada y responde a las peculiaridades de cada paciente: edad, actividades diarias, perfil clínico, preferencias, comorbilidad etc. (Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)., 2010) (Figura 2.1).

Figura 2.1 Algoritmo terapéutico en la EP inicial



Fuente: (Francisco & Jesús, 2017)

2.7.1 Tratamiento Farmacológico

El tratamiento más habitual para manejar los síntomas motores asociados a Enfermedad de Parkinson es la terapia con reemplazo de dopamina y/o con agonistas de dopamina (Lang, 2009). Sin embargo; debido a la incapacidad de la dopamina para cruzar la barrera hematoencefálica, el tratamiento precursor es dopamina Levodopa (Mercuri & Bernardi, 2005). Este fármaco se metaboliza en dopamina por la acción de la di-hidroxifenilalanina descarboxilasa.

El tratamiento con Levodopa da la oportunidad de una mejor calidad de vida de los pacientes tras aliviar los síntomas motores asociados a la depleción dopaminérgica (Geroïn, Gandolfi, Bruno, Smania, & Tinazzi, 2016).

El tratamiento con el tiempo va perdiendo eficacia, debidamente por la continua muerte neuronal, siendo necesario el incremento de la dosificación. Tras el uso prolongado de 5-10 años de L-Dopa los efectos secundarios, como disquinesias se manifiestan (Achey, y otros, 2014).

Las actividades diarias son afectadas gravemente por las disquinesias imposibilitando desarrollar sus actividades de trabajo. Siendo no aconsejable iniciar un tratamiento con agonistas dopaminérgicos (Whetten Goldstein, Sloan, Kulas, Cutson, & Schenkman, 1997)..

El suministro de catecol-O-metiltransferasa como de la monoaminoxidasa (MAO), o con Amantadina, son receptores de tipo NMDA, influyen directamente en la continua eficacia de L-Dopa y prolongar el desarrollo de las disquinesias (F., Melissa Andrea, Fernando, & Laura Andrea, 2016).

Tabla 2.3. Fármacos comúnmente empleados en el manejo de la EP

INDICACIÓN	DOSIS INICIAL (MG)	POSOLOGÍA HABITUAL	EFECTOS ADVERSOS MÁS RELEVANTES
MANIFESTACIONES MOTORAS			
Rasagilina*	1	cada 24h	cefaleas, náuseas, pesadillas, TCI
Levodopa / Carbidopa*	50/12.5	cada 8h	náuseas, hipotensión, fluctuaciones motoras
Rotigotina*	2	cada 24h	náuseas, edema EE.II, somnolencia, TCI, rash
Ropinirol*	0,25 SR 2 ER,0	cada 8h SR cada 24h ER	náuseas, edema EE.II, somnolencia, TCI
Pramipexol*	0,088 SR 0,26 ER	cada 8h SR cada 24h ER	náuseas, edema EE.II, somnolencia, TCI
Apomorfina subcutánea*	1 - 10	según prescripción	náuseas, hipotensión, TCI, nódulos
Entacapona*	200	cada 8h	clínica gastro-intestinal, orina rojiza
Tolcapona*	100	cada 8h	hepatotoxicidad (vigilar), gastrointestinales
Trihexifenidilo*¶	1	cada 8h	deterioro cognitivo, gastrointestinales,
DISQUINESIAS/FLUCTUACIONES			
Amantadina	100	cada 24h	edema, livedo reticularis, insomnio TCI
Safinamida	50	cada 24h	náusea, mareo, fatiga, cefalea
DEPRESIÓN/ANSIEDAD			
Nortriptilina	20 - 40	cada 8h	sequedad de boca, estreñimiento, hipotensión

Venlafaxina	75	cada 12h	astenia, gastrointestinales, disfunción sexual
Paroxetina	20	cada 24h	hipotensión, gastrointestinales, disfunción sexual
PSICOSIS/TCI¹			
Clozapina	12.5	cada 12h	agranulocitosis (vigilar), somnolencia
Quetiapina	25	cada 12/24h	somnolencia, hipotensión, gastrointestinales
RBD²			
Clonazepam	0,25 – 0,5	por la noche	somnolencia, fatiga, mareo
Melatonina	3	por la noche	somnolencia, fatiga, mareo
HIPOTENSIÓN ORTOSTÁTICA			
Fludrocortisona	0,1	cada 24h	hipokalemia, edema, insuficiencia cardiaca, hipertensión supina
Midodrina	2,5	cada 8h	parestias, prurito, hipertensión supina
Piridogstismina	30	cada 8h	dolor abdominal, náuseas, sialorrea
DISFUNCIÓN GENITOURINARIA			
Sildenafil (disfunción eréctil)	50	30'-60' antes de relación	cefalea, rubefacción, percepción anormal de colores
Trospio (vejiga hiperactiva)	20	cada 12h	sequedad de boca, glaucoma, taquicardia
Darifenacina (vejiga hiperactiva)	7,5	cada 24h	sequedad de boca, estreñimiento, visión borrosa

DETERIORO COGNITIVO			
Rivastigmina	1,5 (oral)/4,6 (parche)	cada 12/24h	
ESTREÑIMIENTO			
Macrogol / Polietilenglicol	4gr	por la mañana	diarrea, dolor y distensión abdominal
Lactulosa	10-20	día	diarrea, dolor y distensión abdominal

1TCI: Trastorno de control de impulsos. Se suele recomendar reducir o eliminar lentamente agonistas dopaminérgicos primero si el paciente toma, antes de empezar con los fármacos descritos 2RBD:

Trastorno de conducta de sueño en la fase REM; SR: liberación estándar (standard release); ER: liberación retardada (extended release); EE. II: Extremidades inferiores *Pueden inducir alucinaciones y/o psicosis ¶ Usado para el tratamiento del temblor principalmente.

Fuente: (Raúl, Carmen, Álvaro, & José, 2016)

No existe un fármaco capaz de curar por completo el Parkinson, porque se desconoce la causa de la enfermedad, pero si se ha logrado mitigar los síntomas principales aumentando así la calidad de vida de los pacientes. Además, existen nuevos fármacos alternativos suministrados dando excelentes resultados, dichos fármacos presentan mínima cantidad de efectos secundarios que los tratamientos clásicos y una mayor comodidad de administración (Sarai & Gloria, 2017).

2.7.2 Tratamiento Quirúrgico

En la actualidad se plantea esta opción a los pacientes selectos siempre y cuando exista una respuesta favorable al tratamiento farmacológico, a su vez muestra de efectos secundarios restrictivos.

La estimulación cerebral profunda (ECP) en países desarrollados habitualmente ha reemplazado a técnicas ablativas (como, por ejemplo: talamotomía, palidotomía, subtalamotomía) ya que tiene como resultado mejor riesgo/beneficio, debido a que permite procedimientos bilaterales.

Donde se implanta estereotácticamente de electrodos intracerebrales conectados a un productor de impulsos programable. La estimulación eléctrica en frecuencias altas permite, por mecanismos no del todo conocidos, de modular los circuitos comprometidos en las primordiales manifestaciones motoras (hasta algunas no motoras), accediendo un mejor control sintomático de la enfermedad. Las dianas quirúrgicas más utilizadas son el núcleo subtalámico (NST) y el globo pálido interno (GPi) (Francisco & Jesús, 2017).

Referente al tema de coste y efectividad una reciente revisión sistemática basada en nueve estudios internacionales concluye que efectivamente se trata de un procedimiento coste-efectivo (Schuepbach, Raul, & Knudsen, 2013). También se ha confirmado como clínicamente una mayor calidad de vida y una reducción en el gasto (Valldeoriola, Morsi, & Tolosa, 2007).

Referente al tema de que pacientes son candidatos o no a dicha intervención se plantea mostrar una tabla con los criterios establecidos.

Tabla 2.4. Criterios de selección para tratamiento quirúrgico de la EP

CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad de Parkinson idiopática 	<ul style="list-style-type: none"> • >70-80 años
<ul style="list-style-type: none"> • ≥ 5 años de evolución 	<ul style="list-style-type: none"> • Persistencia de síntomas axiales significativos en el mejor ON
<ul style="list-style-type: none"> • Síntomas motores discapacitantes: Temblor, Fluctuaciones motoras, Discinesias 	<ul style="list-style-type: none"> • Deterioro cognitivo moderado o grave
<ul style="list-style-type: none"> • Sin beneficio satisfactorio tras la optimización del tratamiento médico 	<ul style="list-style-type: none"> • Trastornos psiquiátricos activos (depresión grave, psicosis, inestabilidad emocional)
<ul style="list-style-type: none"> • Buena respuesta a levodopa (mejoría ≥ 33 % en la UPDRS III en el mejor on) 	<ul style="list-style-type: none"> • Patologías con mal pronóstico vital o funcional a medio plazo, o que supongan un riesgo quirúrgico inaceptable
<ul style="list-style-type: none"> • Motivación y expectativas apropiadas 	<ul style="list-style-type: none"> • RM cerebral con atrofia o patología vascular significativa

Fuente: (Francisco & Jesús, 2017)

La cirugía no es recomendada en pacientes con síndromes especiales de Parkinson. Puesto que el examen diferencial resultar arduo en etapas iniciales, se estima aguardar alrededor de 5 años de progreso de la enfermedad antes de meditar el tratamiento quirúrgico. También es un tiempo sensato para evidenciar la evolución al tratamiento farmacológico y certificar que el paciente percibe su enfermedad y el propósito si es llegado a someter a una cirugía. Uno de los criterios obligatorios es la respuesta a la LD ya que ello endurece el diagnóstico de EP idiopática, siendo el principal factor para la recuperación de la ECP bilateral del NST (Pahwa, Factor, & Lyons, 2006).

Las evidencias demostraron que los pacientes con menos evolución y jóvenes tienen mejores resultados en contraste a los pacientes con enfermedades avanzadas, sobre todo cuando manifiestan resistencias tardías a la levodopa (Pahwa, Factor, & Lyons, 2006).

Las razones por las cuales se llega a prorrogar una cirugía pueden ser por el deterioro cognitivo moderado o grave, o también la poca respuesta farmacológica

(congelamiento en marcha, inestabilidad postural), así mismo mientras no haya un adecuado control de manifestaciones psiquiátricas graves (depresión, psicosis), otro indicador relativo también a considerar es la edad, mientras menos edad menor impacto y desfavorable en edades avanzadas sobre todo en la calidad de vida, como también de incrementar complicaciones. Se desiste o son pocos pacientes que se intervienen quirúrgica a los mayores de 70 años (Moro, Schüpbach, & Wächter).

2.7.3 Tratamiento rehabilitador

Se debe ejecutar de una forma exhaustiva, lo que involucra el abordaje de las alteraciones del lenguaje, los trastornos motores, y de los trastornos deglutorios. Para ello se manejan diferentes particularidades terapéuticas que podemos agrupar en:

1. Tratamiento fisioterápico.
2. Terapia ocupacional.
3. Tratamiento logopédico.
4. Tratamiento de la disfagia.

La eficacia del el ejercicio terapéutico y tratamiento fisioterápico en el paciente con EP ha quedado confirmada en una investigación metodología de la colaboración Cochrane¹ en la que se examinan 39 ensayos clínicos, la mayoría de ellos de mediana calidad, donde se compara la fisioterapia con la ausencia de intervención. Según este estudio, el tratamiento fisioterápico ocasiona un restablecimiento significativo a corto plazo, inferior a 3 meses, equilibrio, movilidad, marcha, y discapacidad, medida esta última por las subescalas II (movimientos de la vida diaria) y III (motora) de la escala unificada para la evaluación de la enfermedad de Parkinson (UPDRS).

Los beneficios para la velocidad de marcha, la escala de equilibrio de Berg y UPDRS fueron clínicamente significativos (Francisco & Jesús, 2017).

2.8 Su impacto socioeconómico de la enfermedad de Parkinson

En un estudio publicado por la ‘Asociación Europea para la Enfermedad de Parkinson’ (EPDA), despuntará al cáncer como una de las enfermedades más comunes en 2040 (Parkinson's, 2011).

Si se sabe que más de 1,2 millones de personas tienen párkinson en Europa (Andlin Sobocki, Jönsson, Hans Ulrich , & Olesen, 2005), la EPDA estima que el importe anual para el sistema de salud europeo es de 13.900 millones de euros anuales (European Parkinson's Disease, 2014), valor que aumentará a medida que aumenten la cantidad de personas con párkinson en el Viejo Continente.

Se llegó a evaluar dos estudios, por un lado, los costes en función del estadio de la enfermedad en la que se encuentre la persona y, por otro, los costes directos e indirectos de la enfermedad estudiando el efecto de los síntomas motores y no motores.

Han participado del estudio: el Instituto de Salud Carlos III de Madrid, el Centro Alzheimer Fundación Reina Sofía, CIBERNED (Centro de Investigación Biomédica en Red de Enfermedades Neurológicas), el Instituto Nacional de Salud Pública, el Centro Nacional de Epidemiología, Outcomes’, el Departamento de Neurología del Complejo Asistencial Universitario de Burgos y REDISSEC.

Dicha investigación fue desarrollada por un grupo de profesionales coordinados por el Dr. Pablo Martínez-Martín (Martinez Martin, y otros, 2014).

En los cuatro años que transcurrió esta pesquisa, los costos directos se incrementaron un 57% por persona. El mayor aumento de los costos indirectos se manifiesta en los últimos tres meses de cada año del estudio. Así:

Tabla 2.5. Costos Directos e Indirectos por año de la enfermedad de Parkinson

	COSTOS DIRECTOS	COSTOS INDIRECTOS
<i>Año 1</i>	1.330,51 € / persona	1.720,90 € / persona
<i>Año 2</i>	1.088,48 € / persona	1.865,30 € / persona
<i>Año 3</i>	1.819,49 € / persona	2.062,48 € / persona
<i>Año 4</i>	2.022, 99 € / persona	3.931,47 € / persona

Fuente: (Peñas Domingo, 2015)

Por su parte, la segunda pesquisa manifiesta que los precios igualmente bifurcan en función del avance de la enfermedad en que se localice. (P, Blázquez, Paz, Lizan, & Forjaz, 2014):

Tabla 2.6. Costos Según Estadio de la enfermedad de Parkinson

	1ER AÑO	ÚLTIMO AÑO
<i>Estadio 1</i>	Directos 1.093,32 €	Directos 1.477,32 €
	Medicamentos 886,6 €	Medicamentos 909,96 €
	Directos no médicos 723,47 €	Directos no médicos 4.255,20 €
<i>Estadio 2</i>	Directos 1.098,78 €	Directos 1.438,39 €
	Medicamentos 888,56 €	Medicamentos 1.145,54 €
	Directos no médicos 805,84 €	Directos no médicos 1.958,41 €
<i>Estadio 3</i>	Directos 2.033,63 €	Directos 3.229,24 €
	Medicamentos 1.373,88 €	Medicamentos 2.585,36 €
	Directos no médicos 1.649,38 €	Directos no médicos 3.336,48 €
<i>Estadio 4</i>	Directos 2.033,63 €	Directos 3.606,66 €
	Medicamentos 1.373,88 €	Medicamentos 2.768,49 €
	Directos no médicos 1.649,38 €	Directos no médicos 1.676,35 €

Fuente: (Peñas Domingo, 2015)

Lo que podemos deducir de la presente investigación es que los costos directos aumentan en las personas con una mayor capacidad motora y autonomía, más en los estadios intermedios de la enfermedad cuentan unos costos indirectos. (P, Blázquez, Paz, Lizan, & Forjaz, 2014):

Así mismo los costes indirectos, directos o intangibles tienen relación directa con el medicamento. En un estudio publicado en 2013 en la revista 'Health Economics and Health Policy' (Richy, y otros, 2013) coexiste una estrecha relación directa entre los medicamentos y los costes de la enfermedad de Parkinson; esto es, cuanto menor cuidado a la enfermedad, mayor coste supone al sistema.

2.9 Sistema Operativo Móvil

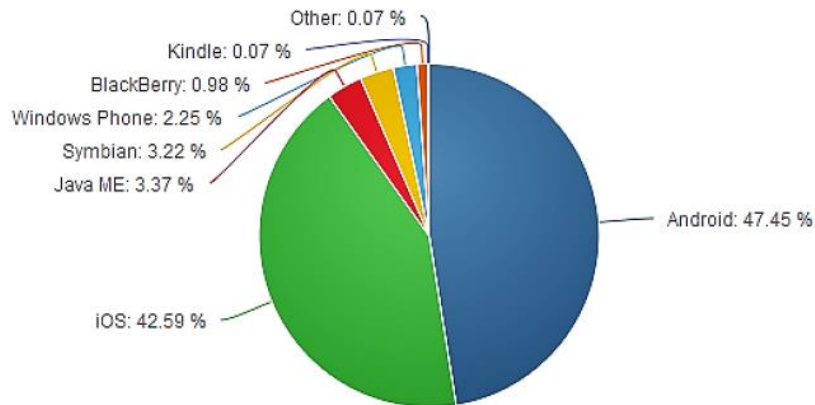
No son más que los mismos sistemas operativos que siempre utilizamos en la computadora solo que están creados para dispositivos móviles, es decir tienen ciertas particularidades que permiten la gestión de hardware de un teléfono móvil, este da ahora soporte a aplicaciones móviles las cuales tienen sus particularidades y diferencias con el software que puede ser ejecutado en una computadora normal, estos sistemas operativos son simples pero funcionales, estos se ven limitados por los recursos de hardware que les ofrecen los dispositivos móviles además de estar orientados a la conexión inalámbrica debido a que un dispositivo móvil utilizar diferentes tecnologías de conexión en referente a una pc.

Los sistemas operativos móviles con el correr del tiempo se han vuelto una pieza fundamental para la vida de una persona debido a que poco a poco ha ido evolucionando la idea de que toda persona tiene un celular a la mano, con esta premisa de que los celulares han ido aumentando su nicho de mercado los sistemas operativos para estos dispositivos tuvieron que evolucionar aumentando sus características y atributos de valor por aquellos que realmente satisfagan las necesidades del cliente (Ríos, 2013).

2.9.1 Tipos de Sistemas Operativos Móviles

Los sistemas operativos que en el mercado actual existen son los siguientes:

Figura 2.2. Sistemas Operativos Móviles más usados



Fuente: (Laura Janeth, 2016)

En el gráfico circular, se puede apreciar que el Sistema Android con el sistema iOS son los más importantes con gran participación en el mercado. (Laura Janeth, 2016).

2.9.1.1 Sistema Operativo Android

Esta elaborado para dispositivos móviles como teléfonos inteligentes o tablets, aunque también se puede apreciar en otros dispositivos como televisores, sistemas multimedia de coches o relojes inteligentes. Fue implementado por Google y basado en el Kernel de Linux y otros softwares de código abierto. Su popularidad es factible gracias a la gran cantidad de aplicaciones que se pueden usar de forma sencilla. En España a finales del 2019, Android abarcaba el 85% de la cuota del mercado, a comparación del año anterior que ocupaba más del 90%. (Roberto, 2020).

2.9.1.2 Sistema Operativo IOS

Es un sistema operativo cerrado utilizado y lanzando por Apple. El nombre proviene de iPhone OS; es decir, Sistema Operativo de iPhone. Sus siglas son iOS.

Originalmente lanzado para teléfonos, pero también en reproductores de música como el iPod o en las tabletas iPad hasta su llegada del iPadOS.

No se puede utilizar en dispositivos que no sean de la marca Apple, el contraste con Android está en que el sistema operativo de Google puede instalarse en infinidad de dispositivos móviles de todas las marcas, pero iOS es exclusivo para los aparatos de la marca de Cupertino. Así mismo, no permite que puedan instalarse aplicaciones que no sean las que vienen por defecto; pero puedes visitar la App Store en busca de aplicaciones que necesites usar, aprender o comprar. (Rocío, 2020).

2.9.2 Aplicaciones Móviles

Aplicaciones Móviles (App), son herramientas digitales que se ejecutan en dispositivos pequeños como: tabletas y teléfonos inteligentes, permite que el usuario obtenga beneficios con su funcionalidad sin importar el lugar donde éste se encuentre (Gregory Antony, 2020).

2.9.2.1 Características

Desde la propagación de las aplicaciones móviles, estos han beneficiado a centenares de usuarios, debido al sin número de funciones que estos realizan y demuestran, el alcance de un rol importante dentro de varios sectores como: el político, social, cultural, entre otros. Para que una App tenga mejor rentabilidad y sea comercial, considera ciertas características (Bluumi, 2017):

- **Interfaz Simple:** Esto se refiere a que el entorno o la presentación de la App es amigable y que cualquier usuario la usa sin ningún problema o la necesidad de ser capacitado.
- **Seguridad:** Las APPs protegen la información y mantener la privacidad de los usuarios, estos son comprometidos.

- **Funcionamiento Offline (Fuera de línea):** Las APPs cumplen con su funcionalidad para la que fueron creadas sin la disponibilidad de tener Internet.
- **Actualizaciones periódicas:** Las aplicaciones son actualizadas cada cierto tiempo, ya sea para corregir errores o ser mejoradas permitiendo cumplir con las necesidades y requerimiento de quienes las usan.

2.9.2.2 Aplicaciones Nativas

Son aquellas que se implementan en el lenguaje propio del terminal, por ejemplo, Windows 8 u Objective-C para IOS, Visual Basic para Windows Phone y Java en el caso de Android, C#. Dichas aplicaciones son capaces de aprovechar las capacidades del dispositivo móvil como por ejemplo la posibilidad de realizar llamadas. mandar mensajes, micrófono, cámara. notificaciones, sensor de movimiento, sensores inerciales, etc.

Mientras que su principal desventaja es que si la APP fue desarrollada por diversas plataformas entonces se requiere implementarlas independientemente en el lenguaje de cada una de ellas (José Victoriano, 2014).

2.9.2.2.1 Ventajas Aplicaciones Nativas

- Publicadas en tiendas para su comercialización.
- No es necesario la conexión a internet para su funcionamiento.
- En los market places como Google Play de Android o el App Store de iOS se encontrarán las aplicaciones para su descarga sin necesidad de estar buscándolas por la web.

- Hay una comunicación continua por medio de notificaciones Push, que brindan novedades sobre la aplicación, consiguiendo así una mejor experiencia por parte del usuario.

2.9.2.2.2 Desventajas Aplicaciones Nativas

- Su uso es únicamente con el sistema para el que han sido creadas
- Tiempo de desarrollo y costos altos.
- La aprobación de las tiendas es fundamental.
- La actualización de la aplicación es manual por parte del usuario

2.9.3 Aplicaciones Híbridas

Trata en la utilización del navegador web que se encuentra instalado en el móvil tal que sea posible efectuar los recursos mediante HTML, CSS y Javascript. Si bien es cierto el desarrollo desde cero es factible, hay en la actualidad gran variedad de Frameworks que proporcionan la implementación de diferentes tipos de aplicaciones conteniendo librerías para el manejo y acceso de diferentes partes de hardware del móvil o librerías del sistema operativo. De ejemplos tenemos: AppStudio, Kendo UI o PhoneGap (José Victoriano, 2014).

2.9.3.1 Ventajas Aplicaciones Híbridas

- Se puede distribuir en las tiendas de Apps.
- Al no ser una aplicación nativa, el costo es mucho menor.
- El mismo código base para múltiples plataformas
- Instalación nativa, pero construida con JavaScript, HTML y Css
- No se requiere una conexión a internet para poder utilizar la aplicación al menos que sea una parte precisa que lo requiera.

- Solo es necesario la plataforma que va a contener la aplicación, ya que no se necesita un lenguaje específico para la programación.
- El tiempo de desarrollo es mucho más corto.

2.9.3.2 Desventajas Aplicaciones Híbridas

- Al no contar con todas las funcionalidades nativas las partes del dispositivo móvil también son limitadas.
- El usuario periódicamente debe descargar las actualizaciones que se encuentran en las plataformas de su distribución.

2.9.4 Aplicaciones Web

En ella podemos tener al usuario accediendo por medio del navegador y teniendo una página web que puede visualizarse de manera eficaz en los dispositivos móviles, al estar en internet, esta no se encuentra dentro de las tiendas de aplicaciones; perdiendo la monetización de la aplicación ya sea promocionando anuncios o de la misma tienda virtual.

También, contará con el acceso limitado de las características propias de los dispositivos ya sea la integración de sus partes con los sensores de los Smartphone, trayendo consigo que la respuesta de la misma sea por la velocidad de la red. Por otro lado, las actualizaciones son más fáciles que editar o realizar en los diferentes archivos del servidor y los usuarios no tienen que bajar o instalar nada de los cambios en los dispositivos. (José Victoriano, 2014).

2.9.4.1 Ventajas Aplicaciones Web

- Diseño, ya que solo basta diseñar para dispositivos con una pantalla más pequeña.

- Menos complicación en la programación.
- Funcionan en cualquier dispositivo o sistema operativo, siempre y cuando se tenga acceso a una conexión de internet.
- No ocupa espacio en la memoria del celular.
- Las actualizaciones son constantes e inmediatas.
- Los navegadores brindan más y mejores funcionalidades para crear aplicaciones web.
- Al estar guardado los datos en el servidor los virus no pueden dañarlos.
- Las publicaciones pueden ser hechas sin autorización de ningún fabricante.

2.9.4.2 Desventajas Aplicaciones Web

- Es necesaria una conexión a internet para su ejecución, de modo que si no disponemos o se interrumpe dicha conexión no se puede utilizar.
- No se puede publicar en Market places.
- Sus recursos del móvil son limitados, ofreciendo una menor cantidad de funcionalidades en comparación con las nativas.
- En ocasiones es más difícil acceder a ella, ya que el usuario debe recordar el enlace web.
- Son aplicaciones lentas, ya que al ejecutar HTML e interpretar los JavaScript de la web son más costosos.
- El usuario no tiene potestad de elegir la versión de su preferencia ya que solo está disponible la última.

2.9.5 Comparación

El enfoque Web: es menos costoso, mas simple y más fácil de periódicamente actualizar; pero su gran desventaja radica en la experiencia del usuario, posee funcionalidades limitadas; frente a las Api nativas.

EL enfoque Nativo: su desempeño y acceso a los dispositivos son óptimos, pero trae consigo los costos elevados y requiere una actualización constante.

El enfoque híbrido; proporciona un punto de equilibrio entra ambas situaciones, siendo lo mejor de ambos mundos, sobre todo si la implementación desarrollada desea ser empleadas en diversos sistemas operativos.

No hay ningún enfoque que ofrezca todos los beneficios al mismo tiempo.

Figura 2.3. Comparación Gráfica de las Aplicaciones Móviles



Fuente: (IBM, 2012)

Siempre hay que tener en cuentas las necesidades de la organización para poder elegir el enfoque adecuado, basándose en presupuestos, mercado objetivo, la funcionalidad, infraestructura de TI, etc.

El desafío actualmente es que en las empresas deben encontrar un punto de equilibrio entre los costos de implementación y salida del mercado versus la experiencia del usuario y la funcionalidad de las aplicaciones,(IBM, 2012).

2.9.6 Base de datos

Es un repositorio centralizado de datos lógicamente relacionados, que consiente organizar y almacenar eventos o hechos; siendo permitiendo el acceso por los usuarios para producir información.

Además, se le puede definir como una colección de registros en donde se almacenan y resguardan muchos registros independientes, de modo que un cúmulo (pool) común de registros funciona como si fuera una sola para que puedan acceder otras aplicaciones que necesiten este tipo de datos. (César Augusto, 2015).

2.9.6.1 Base de datos móviles

Según (Alberto, Marcos, & Matias, 2009), “es una base de datos físicamente independiente y portable del servidor empresarial quien nos la suministra, y que nos facilita la comunicarnos con ella desde cualquier lugar que se estuviera para poder compartir la información”.

Los usuarios tienen la facilidad de acceder a este tipo de bases de datos desde cualquier lugar externo de la empresa, por ejemplo, si están se encuentran de viaje y necesitan una reunión urgente con el directivo pueden mostrar la base de datos.

Algunas de las peculiaridades son las siguientes:

- Interacción con el servidor de base de datos corporativo por diferentes tecnologías tales como 3G, GPRS, Internet, WiFi.
- Clonar los datos tanto en el en el dispositivo móvil como en el servidor centralizado.
- Sincronización de los datos.

- Gestión de los datos.

2.9.6.2 Tipos de Base de datos móviles

Entre los tipos de base de datos móviles tenemos:

- Las Bases de datos corporativas.
- Las que se crean a través de los dispositivos móviles.
- Las que son generadas por las conexiones inalámbricas ya sea por portátiles, Smartphones, computadoras, Tablet u otro hardware que este con Internet.

2.9.3.2 Ventajas y Desventajas de Base de datos móviles

En la siguiente Tabla podremos apreciar el detalle de las dos.

Tabla 2.7. Ventajas y Desventajas Base de Datos Móviles

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Facilita la operatividad remota por parte de los usuarios, por lo que no es necesario estar físicamente en la organización para interactuar con los datos, ya que éstos pueden ser accedidos de manera remota.	Lo importante son los mecanismos de comunicaciones en el desarrollo de estos sistemas, ya que sin ellos puede resultar un gran freno de los mismo.
El potencial en el mercado actual es muy amplio y diverso ya que muchas empresas, trabajadores, usuarios se localizan en instalaciones remotas.	La redundancia de datos, puede dar como resultado inconsistencias e incoherencias de los mismos, generando conflictos.
Al existir una base de datos relacional esta puede diversificarse para ofrecer los servicios de la base de datos móviles.	Al tratarse de un entorno distribuido, los fallos existentes en la transición de los datos deben ser detectados y solucionados de forma eficiente para evitar inconvenientes o problemas en la información.

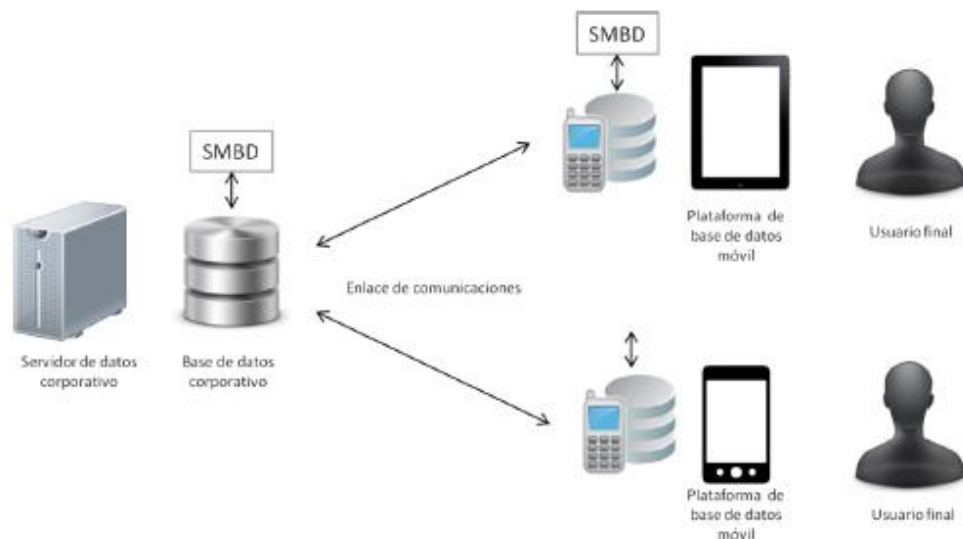
Fuente: (César Augusto, 2015)

2.9.6.3 Arquitectura de Base de datos móviles

En su mayoría presentan una arquitectura análoga, donde se debe diferenciar los elementos principales que son particulares (Orozco Tapia, s.f.):

- Los SMBD y servidor de base de datos corporativo gestionan y almacenan los datos corporativos brindando aplicaciones corporativas.
- Base de datos remota: son las que se encuentran implementadas en los dispositivos móviles.
- Plataforma de base de datos móvil: son los dispositivos que tienen acceso a internet, por ejemplo: laptops, Tablet, computadora, smartphone.
- Enlaces de comunicación bidireccionales son comunicaciones vía satélite, redes inalámbricas de distinta naturaleza etc.

Figura 2.4 Arquitectura de una base de datos móvil



Fuente: Fuente: (César Augusto, 2015)

En la (figura 2.4), se puede visualizar la complejidad de este tipo de sistemas que concuerdan con las partes no comunes en contraste a las bases de datos tradicionales, donde se hace denota el enlace de comunicaciones y SMBD.

Hay que tener en cuenta que la comunicación es imprescindible para el acceso a los datos, haciendo que este sea la parte más importante. La arquitectura de comunicación radica en tener repositorios base en dirección con la base de datos

corporativa y una serie de repositorios móviles que accedan a los datos a través de los repositorios base.

Trayendo consigo la localización de un repositorio móvil que contenga los datos que se requiera en su determinado momento, para evitar este hincapié lo que se podría es que en cada repositorio móvil está asociada a un repositorio base principal, ya que la principal constantemente es notificada de las permutaciones de la estación móvil.(César Augusto, 2015).

2.10 Framework

Proporciona funcionalidad extendida a un lenguaje de programación, computarizando los modelos para destinarlos a un determinado objetivo, esto brinda una mejor estructura del código, optimizándolo y siendo más flexible, sostenible y entendible, y permitiendo la separación en capas la aplicación.

Las tres capas de la aplicación son: (Kevin Luis, 2017):

- La presentación en donde se dispone de interacciones entre el software y usuario.
- Los datos en donde se proporciona el acceso de un agente de almacenamiento persistente u otros.
- Del dominio o de negocio, que conduce las estructuras de datos de acuerdo a las instrucciones recogidos desde la presentación.

2.10.1 Ionic

Está desarrollado en base al framework JavaScript de Google como es Angular Js, lo cual permite apoyarnos en todas las ventajas de desarrollo, como son, una

excelente estructura de proyecto, uso de patrones de diseño de software y una buena gama de componentes y directivas (Alvarez, 2017).

Además, es un front-end que maneja todas las interacciones de apariencia y de interfaz de usuario que su aplicación necesita para ser eficiente. Algo como "Bootstrap for Native", pero con soporte para una amplia gama de componentes móviles nativos comunes, animaciones lisas y diseño hermoso.

Ionic viene con elementos de interfaz de usuario de estilo nativo y diseños que obtendría con un SDK nativo en iOS o Android, pero que en realidad no existía antes en la web. Así que las aplicaciones híbridas no están destinadas a ser ejecutadas en una aplicación de navegador móvil como Chrome, sino usando la Shell de navegador de bajo nivel como UIWebView de iOS o WebView de Android, que tienen herramientas como Cordova / PhoneGap (Drifty, 2016).

2.10.1.1 Recursos de Ionic

2.10.1.1.1 Node Js

Entorno de código abierto multiplataforma ejecutándose con el lenguaje de programación de JavaScript, creciendo exponencialmente de popularidad en los últimos años. Su principal potencial es poder manejar JavaScript por el lado del servidor, trayendo consigo una forma dinámica de las páginas web antes de que la página se reemita al navegador web del usuario.

Por consiguiente, relaciona la implementación de aplicaciones web en un único lenguaje de programación, en lugar de lenguajes disímiles para los scripts del lado del cliente y del otro lado servidor. Gracias a JavaScript le permite orientarse a eventos asíncronos, quiere decir un programa mediante una llamada a alguna

unidad de funcionalidad deriva una acción que puede continuar fuera del flujo continuo del programa, a su vez permite construir aplicaciones escalables, al ejecutarse con el motor V8 JavaScript, el núcleo de Google Chrome, fuera del navegador, esto demuestra ser muy eficiente.

Node.js permite de una forma sencilla integrarse con http, haciendo que la versatilidad sea aún mayor y lo hace perfecto para montar aplicaciones web que tengan mucha entrada/salida. (Aurigae, 2019).

2.10.1.1.2 Angular

Es framework de código abierto y gratuito; pensado para aplicaciones de una sola página (SPA), es decir que la aplicación podrá cargar los datos sin obstaculizar la navegación con la aplicación; en comparación de la tradicional que hacen viajes de información por el servidor (PostBacks).

Encontrándose actualmente en su versión 9, contando con una comunidad que promueve la creación y aprendizaje, a su vez de compartir componentes que se pueden reutilizar en plataformas como GitHub, siendo actualizada por ellos y también Google. (Ricardo, 2020).

2.10.1.1.3 Apache Cordova

Es un entorno de desarrollo de aplicaciones móviles, fundado por Nitobi. En el 20011, Adobe llego a concretar la compra cambiando el nombre a PhoneGap, y con el tiempo libero el código del software cambiando el nombre a Apache Cordova.

Los programadores en Apache Cordova pueden desarrollar aplicaciones para dispositivos móviles manipulando JavaScript, CSS3, HTML5; en vez de utilizar

APIs fijadas de cada plataforma como Windows Phone, Android o iOS. Esto puede permitir contar con los complementos nativos, haciendo que al implementar funcionalidades específicas se pueden comunicar directamente entre la capa nativa y el HTML5.

Esto es de gran utilidad sobre todo porque permite el acceso de ciertos dispositivos dentro del hardware utilizado, ya sea el caso de la cámara, micrófono, acelerómetro, brújula, sistema de archivos, y más. Sin embargo, su principal desventaja es que hacen que la funcione más lenta en comparación de las nativas. (HugoRep, 2019).

2.10.2 Spring

Es un Framework, área de trabajo, donde se puede desarrollar aplicaciones Web utilizando el lenguaje de programación Java; evitando así la doble escritura de módulos o escritura excesiva del código, conllevando a quien desarrolle solo se dirija en el proceso de la aplicación. No es el único en el mercado le siguen otros como JSF, Hibernate, Struts, etc.

Características

- Permite el trabajo bajo el paradigma MVC (Modelo Vista Controlador).
- Spring Framework se integra con diversos servicios la plataforma ofrece a los desarrolladores, como por ejemplo Spring Boot, Spring Security, Spring Cloud, etc.
- Implementación de rutas dinámicas para consumo y vistas de APIs desde diferentes dispositivos como smartwatch, tablets, móviles, Smart TV's, etc.

- Poder trabajar con el Gestor de dependencias Gradle o herramientas de desarrollo como Auto Restart y LiveReload, así mismo mediante tokens dinámicos con OAut2.

Los Desarrolladores que brindan soporte hacen que este en constante actualizaciones haciendo que el Framework junto con el Lenguaje de Programación Java se mantenga dinámico y vigente a comparación del resto, dando como un perfil Framework moderno. (Nubecolectiva, 2019).

2.10.2.1 Java

Lenguaje de programación orientado a objetos (POO), construyendo fragmentos de código independientes, pudiendo actuar con otros objetos para solución de problemas; constando como fuera posible pocas dependencias de implementación, colaborando con los desarrolladores al escribir y ejecutar diferente tipo de dispositivo sin tener que ejecutarlo varias veces seguidas.

También es normal considerar a Java como un sistema de tecnologías en consecuencia a la diversidad versiones y productos que componen su familia (Ángel, 2019).

Sus elementos son:

- **Sencillez.** Una de sus mejores cualidades con una curva de aprendizaje rápida, permitiendo que dicho lenguaje sea muy utilizado por escuelas, universidades para poder dar introducción a los fundamentos de la programación.
- **Multihilo.** Utiliza el entorno multihilo, cada hilo personifica un proceso propio funcionando en un sistema, haciendo que actúe un solo aspecto

dentro de un programa, como puede ser inspeccionar toda la entrada/salida del disco o controlando la entrada en un determinado periférico. La ventaja de los hilos a comparación de los procesos es que ellos comparten los recursos muy contrarios del otro que cada uno cuenta con su propia copia de datos y códigos.

- **Seguro.** es un lenguaje de programación con años en el mercado mostrando la seguridad y estabilidad; pudiendo operar proyectos lúdicos o aplicaciones corporativas.
- **Multiplataforma.** Quiere decir que al término del desarrollo del código puede ser ejecutado en diferentes plataformas; lo que va a permitir poder portar el proyecto a disímiles sistemas operativos.

2.11. Inteligencia Artificial

Campo científico de la informática que se centraliza en el desarrollo de programas que pueden tener comportamientos inteligentes. Quiere decir, en tal contexto que “las máquinas piensen como seres humanos”. Un sistema de IA es idóneo de examinar grandes cantidades de datos (Big Data), analizando patrones y formular pronósticos de forma automática, con exactitud y velocidad (Diego & Myriam, 2019).

2.11.1 Machine Learning

Es el campo científico del área de la Inteligencia Artificial que produce sistemas de aprendizaje instintivamente. En el libro “Superinteligencia, caminos, peligros, estrategias” escrita por Nick Bostrom describe los peligros de la inteligencia artificial, no obstante, Machine Learning infiere sobre el aprendizaje automatizado el cual esta encapsulado por las ciencias de la computación y de la inteligencia artificial, puede

aprovechar la ventaja de esta disciplina promoviendo la seguridad de muchos entornos.
(Zuly Milagros, 2020).

2.11.2 Tipo de Machine Learning

Las máquinas se pueden enseñar aplicando dos modos de aprendizaje bien conocidos: modo de aprendizaje supervisado y modo de aprendizaje no (Vidhate & Kulkarni, 2012). Este concepto utiliza técnicas similares, si no iguales, a la minería de datos debido a los diferentes esquemas de nomenclatura (aprendizaje supervisado = aprendizaje predictivo y aprendizaje no supervisado = aprendizaje descriptivo). El aprendizaje supervisado requiere datos de entrenamiento con entradas y salidas definidas. Esto representa la relación entre los parámetros anteriores. El aprendizaje no supervisado se encarga de clasificar el conjunto de muestras aportadas en diferentes grupos y estudiar las similitudes que existen entre ellas. (Alsheikh, Lin, Niyato, & Tan, 2014).

2.11.2.1 Aprendizaje Supervisado

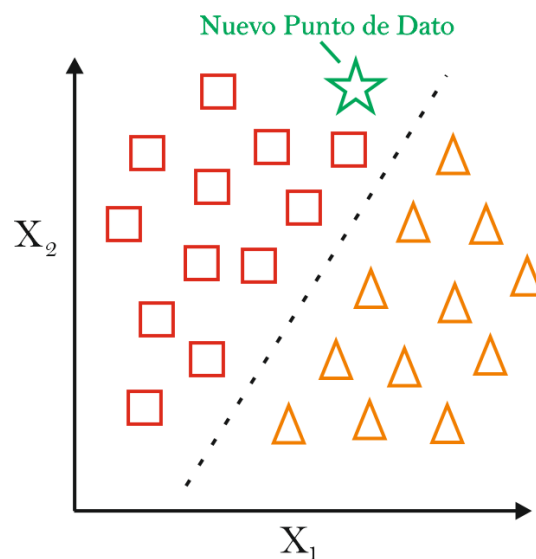
Es un prototipo de modelo que se entrenan con un conjunto de ejemplos en los que los resultados de salida son conocidos. Los modelos estudian esos resultados conocidos y ejecutan ajustes en sus medidas interiores para adaptarse a los datos de entrada. Una vez el modelo es entrenado apropiadamente, y los parámetros internos son afines con los datos de entrada y los resultados del entrenamiento, el modelo podrá realizar pronósticos ante nuevos datos no procesados previamente. Existen dos tipos de aprendizaje supervisado: regresión y clasificación (Roman, 2019).

2.11.2.1.1 Algoritmo de Clasificación

El propósito es pronosticar los tipos de categorías (no ordenados, valores discretos, pertenencia a conjuntos). Una muestra típica es el rastreo del correo spam, al ser de tipo binaria (no es spam un email => valor “0” o si lo es => valor “1”).

Veamos un ejemplo de tipo binaria: hay dos clases de objetos, triángulos y cuadrados, y dos particularidades de los objetos, X_2 y X_1 . El modelo puede localizar las analogías entre las particularidades de cada punto de datos y su clase, y crear la línea límite entre ellos. Por tanto, al ser mantenido con datos nuevos, el modelo podrá determinar el tipo al que pertenecen, de acuerdo a sus particularidades.

Figura 2.5. Ejemplo de Algoritmo de Clasificación



Fuente: Autoría Propia

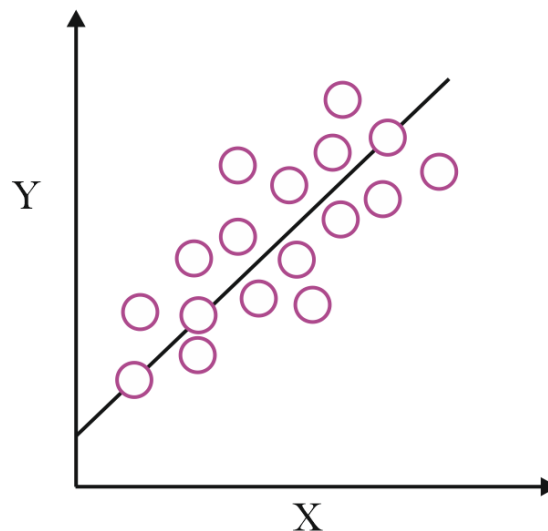
En este ejemplo, el desconocido punto de datos se introduce en el área correspondiente al subespacio de cuadrados y, por consiguiente, el modelo pronosticará el tipo de objeto que es la estrella.

2.11.2.1.2 Algoritmo de Regresión

Se maneja para determinar categorías a datos sin etiquetar. Teniendo un número de variables predictoras y de respuesta continua, por consiguiente, se pretende localizar una analogía entre las variables brindando un resultado perenne.

Por ejemplo: dados X e Y, establecidos en una línea recta que reduzca la distancia (con el método de mínimos cuadrados) entre los puntos de muestra y la línea ajustada. Luego, manejaremos las desviaciones conseguidas en la alineación de la línea para pronosticar en la salida nuevos datos.

Figura 2.6 Ejemplo de Algoritmo de Regresión



Fuente: Autoría Propia

2.11.2.2 Aprendizaje No Supervisado

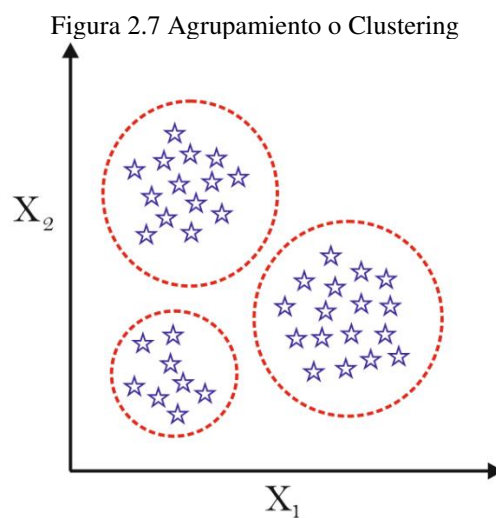
Donde los datos son sin etiquetar cuya distribución es inédita. Siendo su función la separación de la información significativa, sin contar con la referencia de variables de salida conocidas, y la búsqueda de la distribución de dichos datos sin marcar.

Principales categorías son: reducción dimensional y agrupamiento.

2.11.2.2.1 Agrupamiento o Clustering

Técnica para el análisis de datos, que se utiliza para agrupar la información en conjunto con significado sin contar el con el conocimiento antepuesto de su estructura. Los conjuntos de cada objeto se difieren uno de otros; siendo el objetivo contar con grupos de característica con alta similitud.

Es muy aplicado en marketing sobre las personas para saber qué tipos consumidores son en función de sus hábitos de compra.

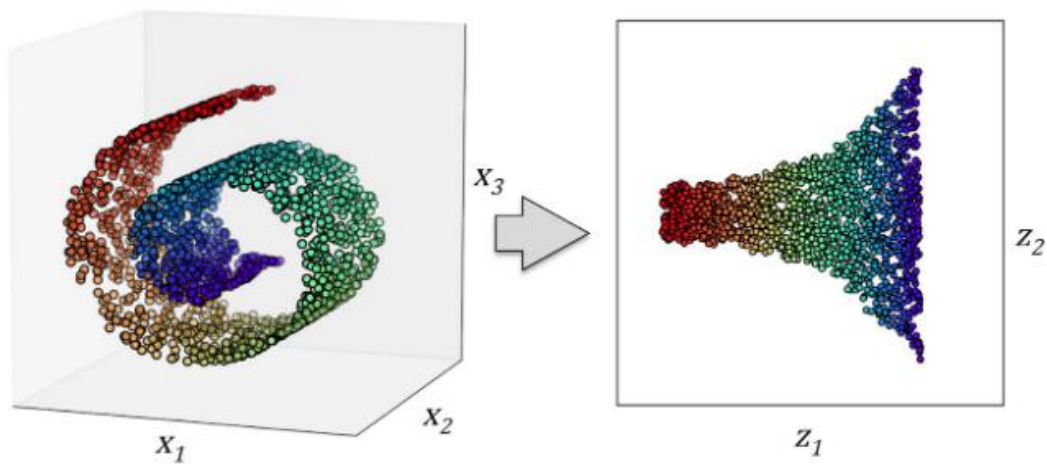


Fuente: Autoría Propia

2.11.2.2.2 Reducción dimensional

Al existir datos con alto número de características o mejor dicho “alta dimensionalidades”; la reducción funciona hallando reciprocidades entre las particularidades implicadas lo que quiere decir información reiterada, siendo un reto para el rendimiento computacional y procesamiento; siendo usado para mitigar estos problemas. La técnica comprime el subespacio y elimina el “ruido” de los datos.

Figura 2.8 Reducción Dimensional



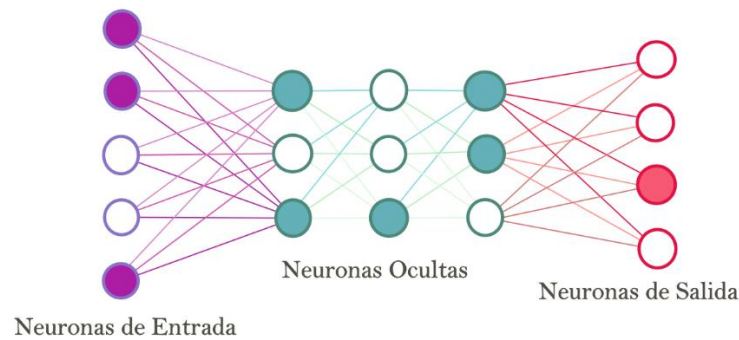
Fuente: (Roman, 2019)

2.11.2.3 Aprendizaje Profundo

También conocido como Deep Learning, donde se utiliza una distribución escalonada de redes neuronales artificiales, los nodos de neuronas se conectan como una tela de araña permitiendo el estudio de datos de forma no lineal; dando la forma similar la estructura neuronal del cerebro humano.

La primera capa recibe los datos en bruto como entrada, los analiza, y substraee información, transfiriéndola a la siguiente cada de salida. Dicho proceso se vuelve a repetir sucesivamente en las capas siguientes, llegando a la capa final, donde da como resultado la predicción. Teniendo la predicción es comparada con el resultado, y por medio de un análisis inverso es posible aprender los factores que transportan las salidas. Su campo de desarrollo es la creación de aplicaciones donde se pueda reconocer imágenes.

Figura 2.9 Aprendizaje Profundo



Fuente: (Roman, 2019)

2.11.3 Modelos de Machine Learning

Se pueden subdividir en tres modelos:

2.11.3.1 Modelos Lineales

Entre ellos encontramos a la logística (cuando son variables discretas o categóricas) y la regresión lineal (regresión de mínimos cuadrados), ambas intentan encontrar que en la nube de puntos que se dispone pueda ser trazada por una línea que se “ajuste”; su principal problema es cuando concuerdan “demasiado” a los datos obtenibles, trayendo consigo el peligro para nuevos datos que puedan llegar; así mismo u ofrecen buenos resultados para comportamientos muy complejos. (Lilian Judith, 2018).

2.11.3.2 Modelos de Árbol

En ellos se pueden construir reglas de decisiones que son representadas como un árbol haciendo que estos sean más estables, puntuales y sencillos de interpretar; pueden incorporar relaciones no lineales para solucionar problemas. Se enfatizan los random forest y el árbol de decisión; su principal limitante es el rendimiento. (Lilian Judith, 2018).

2.11.3.3 Redes neuronales

Mayormente su fuente de trabajo es de poder igualar el comportamiento del cerebro, donde existen millones de neuronas interconectada en una red para enviarse mensajes unas a otras; siendo esto el “modelo de moda” actual por las soluciones a los problemas

que pueden brindar como por ejemplo el reconocimiento de videos o imágenes, siendo un mecanismo complejo; pero con una red neuronal es mejor realizarlo ya que el cerebro puede ser lento de entrenar y necesitan capacidad de cómputo. (Rayón, 2017).

2.11.4 Fases de desarrollo

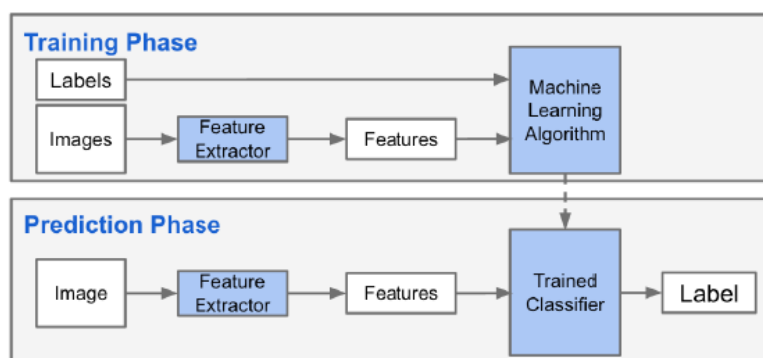
2.11.4.1 Fases de Entrenamiento

Se contiene una enorme cantidad de datos, en la cual separamos una sección para entrenar al algoritmo y otra para que localice los patrones necesarios; teniendo como resultados las predicciones necesarias. (Lilian Judith, 2018).

2.11.4.2 Fases de Prueba

Los datos restantes, se utilizan para las pruebas correspondientes. Elaborando preguntas y evaluando las respuestas si se encuentran bien o mal, teniendo como resultado el aprendizaje o no. Si comprobamos que los datos no coinciden, se tendrán que cambiar el método, más si existe un 80% a 90% de respuestas validas, se infiere el buen grado del aprendizaje y utilidad de dicho algoritmo.

Figura 2.10 Fases de Machine Learning



Fuente: (Lilian Judith, 2018)

2.11.5 Aplicaciones de Machine Learning

Entre las aplicaciones encontradas en (Joanybel Ortiz, 2020) tenemos:

1. Detección de rostro: donde los dispositivos móviles examinan y registran tu rostro como si fuera una imagen, siendo factible diferenciarla de otros, empleada actualmente Snapchat, Instagram, bancos o aplicaciones de belleza.
2. Gmail: para resguardar los correos que reciben si son fraudulentos o virus, el sistema permite entender y aprender de los ejemplos pasados, tomando decisiones para el futuro.
3. Como Antivirus vigilando las instalaciones, software, archivos de dudosa procedencia.
4. En la Genética para la sistematización de secuencias de ADN.
5. Vehículos autónomos: permitiendo que los automóviles se manejen solos, aprendiendo del comportamiento con otros conductores y de las faltas o errores que cometan, en el entorno que transita y reconociendo la ruta, respetando la velocidad y leyes de tránsito.
6. Análisis de imágenes: Identifica en un banco de imágenes las cuales se han programado para poder conocerlas e identificarlas.
7. Diagnósticos médicos. Por medio de la captura de datos y el Machine Learning se divisan con anticipación con los síntomas del paciente enfermedades como el Cáncer de mama.
8. Averiguar estafas en transacciones: Las compañías tales como PayPal o monedas electrónicas manejan la tecnología para detectar millones de transacciones y verificar si son las fraudulentas.
9. En el área de los Recursos Humanos saber la rentabilidad de un empleado en los próximos años.

10. Poder conocer los potenciales clientes y recomendar mejores productos y servicios, basándose en los comportamientos o interacciones en la web, como, por ejemplo: Facebook. Amazon, Google, Instagram, etc.
11. En las finanzas diseñando algoritmos que comprendan los modelos en la inversión así poder adquirir y vender más eficiente, lo que habitualmente se demorara años de aprendizaje.
12. Reconocimiento de Voz: como es el caso de Siri, ayudante de Apple, quien es capaz de “entenderte” mejor de acuerdo a la información brindada dentro del equipo móvil ya sea en llamadas, email, contacto, notas, música, mensajes, calendarios, etc.
13. Video juegos: podremos entenderlo como los “bots” quienes, interactuando con el jugador, aprenden con las nuevas estrategias.

CAPÍTULO III: ESTADO DEL ARTE METODOLÓGICO

3.1. Metodología

La metodología tiene que ver con la exploración de la literatura conteniendo como enfoque las pautas introducidas por Kitchenham quien ha determinado 3 fases de la siguiente manera:

- Planificación: en esta fase, se elaboran las interrogaciones de la investigación y se define los lineamientos de la revisión.
- Desarrollo: en esta fase, se seleccionan los materiales de estudios primarios de acuerdo con los parámetros de selección y exclusión.
- Resultados: en esta fase, se analiza y elabora estadísticas de los estudios que fueron seleccionados anteriormente.

3.2 Planificación

Se propone las siguientes preguntas de investigación las cuales nos ayudaran a entender mejor el problema.

Q1: ¿Existe una aplicación móvil híbrida que este enfocada en la enfermedad de Parkinson?

Q2: ¿Cuáles son los aprendizajes más usados para la recopilación de datos del temblor de Parkinson?

Q3: ¿Existe una aplicación que monitoree los temblores de Parkinson?

Para iniciar con la búsqueda de artículos se plantearon las siguientes palabras clave (Keywords), las cuales tienen relación directa con el problema.

Tabla 3.1 Lista de Keywords

N.º	Keywords
1	Temblores
2	Parkinson
3	Monitoreo
4	Predicción
5	Machine Learning
6	Aplicaciones Híbridas
7	Móvil

Fuente: Autoría Propia

Las exploraciones se efectuaron en bases de datos bibliográficas multidisciplinarias de revistas científicas de calidad y artículos científicos, como, por ejemplo:

- ✓ Science Direct
- ✓ Emerald
- ✓ ACM Digital Library
- ✓ IEEE Explore Digital Library
- ✓ Springer
- ✓ Doaj
- ✓ Taylor y Francis
- ✓ Google Académico

Para efectuar la exploración en las bases de datos bibliográfica se procedió a usar las Keywords, haciendo una búsqueda en modo avanzado y estableciendo los criterios de exclusión detallados en la tabla 3.2. Se formaron las siguientes cadenas de búsqueda con

el fin de maximizar el número de artículos encontrados, las cadenas que se usaron para la búsqueda son las siguientes:

- ☒ Temblor de Parkinson
- ☒ Aplicaciones móviles híbridas
- ☒ Parkinson y machine learning
- ☒ Monitoreo y predicción del temblor de Parkinson
- ☒ Aplicaciones para la enfermedad de Parkinson

Tabla 3.2 Criterios de Selección y Exclusión

Inclusión	Exclusión
Idiomas: inglés, español y portugués	Antes del 2015
Artículos, tesis y libros relacionados directamente con la pregunta de investigación	Cantidad de hojas >20
Artículos, tesis y libros que contengan una o más de una de las palabras clave	Mencionan temblor parkinsoniano, pero no orientados a tecnologías de información
Estudios relacionados con el estado del arte	Centrados el tema a un sector o institución
	Orientados directamente con el hardware

Fuente: Autoría Propia

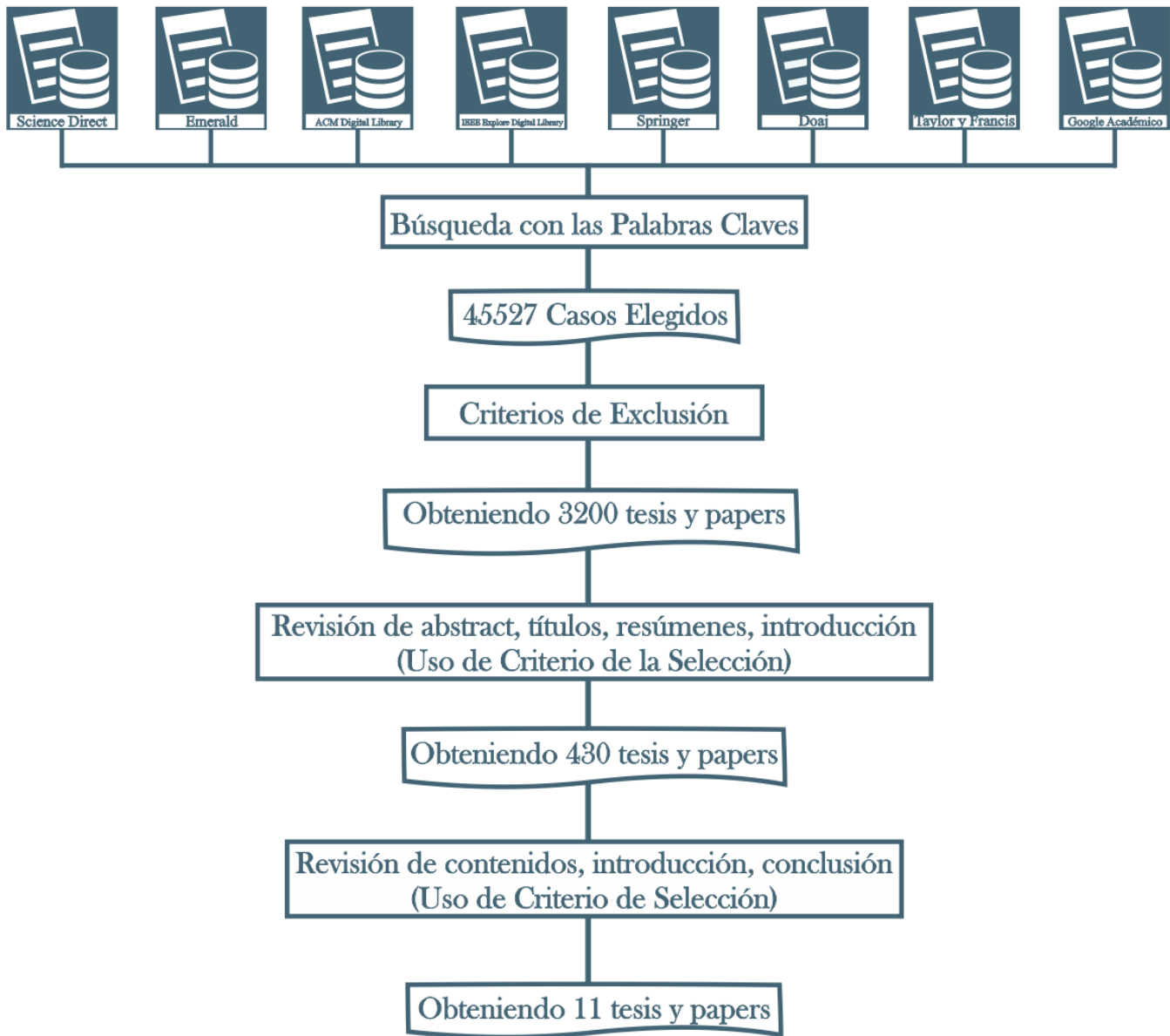
Los criterios de selección usados para realizar las búsquedas se resumen en la tabla 2, el periodo de búsqueda para los artículos está comprendido entre, enero de 2015 hasta marzo del 2020.

3.3 Desarrollo

En esta sección se muestra gráficamente todo el flujo del proceso de búsqueda, filtrado y selección de los artículos pasando por el ingreso de las cadenas de búsqueda formadas con las Keywords el uso de los operadores lógicos para armar las cadenas y los criterios

de selección inclusión y exclusión para finalmente obtener los paper o tesis que más se acercan a nuestros criterios de inclusión.

Figura 3.1 Proceso Sistemático de revisión de la literatura



Fuente: Autoría Propia

3.4 Resultados

Los estudios mostraron que luego del proceso de búsqueda, pasamos a un proceso de selección de acuerdo a los parámetros determinados en la Tabla 3.2. Para aquello, fue ineludible inspeccionar los contenidos para determinar su importancia e impacto en el proyecto que se está desarrollando, finalmente algunos estudios fueron

descartados porque se trataba de otras áreas como Literatura, Lenguaje, Sociología o Economía.

La tabla 3.3 se muestran los estudios relacionados después de emplear los parámetros de inclusión y exclusión en los resultados arrojados por bancos de datos, obtuvimos un total de 21 paper's o tesis.

Tabla 3.3 Criterios de Selección y Exclusión

ID	TÍTULO	AUTOR	AÑO	PAÍS
1	Diseño e implementación de un dispositivo de estimulación vibratoria para pacientes con Parkinson y problemas de congelamiento de marcha.	Byron Mauricio Chacón Palacios, Klever Felipe Robles Hidalgo	2016	Ecuador
2	Diseño y desarrollo de un sistema inalámbrico que permita monitorear los temblores en pacientes que padecen la enfermedad de Parkinson utilizando software y hardware libre	Bermeo Maldonado Alexander Vinicio, Bravo Guamán Marco Fernando	2016	Ecuador
3	ParkNosis: Diagnosing Parkinson's Disease Using Mobile Phones	Abdulwahab Sahyoun, Karim Chehab, Osama Al-Madani, Fadi Aloul, Assim Sagahyroon	2016	Emiratos Árabes Unidos
4	Parkinson's disease hand tremor detection system for mobile application	Luay Fraiwan, Ruba Khnouf, Abdel Razaq Mashagbeh	2016	Emiratos Árabes Unidos
5	TREMOR12: An Open-Source Mobile App for Tremor Quantification	Pieter L. Kubben. Mark L. Kuijf. Linda P.C.M. Ackermans, Albert F.G. Leentjes, Yasin Temel	2016	Países Bajos

6	Mecanismo de compensación de temblores con 1-DOF controlado mediante Arduino	Francisco Sola Paredes	2017	España
7	Sistema de monitoreo de temblor en pacientes con trastornos de movimiento anormales	Andrés Felipe Correa Rojas	2017	Colombia
8	Simulación de sistema portable para corregir movimientos involuntarios ocasionados por trastornos de Parkinson en la mano	Rendón Riofrío Geovanny David	2017	Ecuador
9	Diseño, desarrollo e implementación de un dispositivo inalámbrico para detección de episodios de congelamiento de la marcha en pacientes con la enfermedad de Parkinson	Punin Sigcha Bertha Catalina, Barzallo Córdova Boris Jonathan	2017	Ecuador
10	A Noncontact Tremor Measurement System Using Leap Motion	Hironobu Kaji, Masashi Sugano	2017	Japón
11	Tremor Detection Using Smartphone-based Acoustic Sensing	Wei Wang, Xun Wang, Lei Xie	2017	China
12	Procesado de señales procedentes de smartphones para el análisis de temblores fisiológicos	Javier Pérez Ácimas	2018	España
13	Diseño y construcción de un exoesqueleto para la mitigación de temblores involuntarios de pronosupinación en personas con Parkinson	Gabriel Eduardo Rivera Cárdenas	2018	Ecuador
14	Arm swinging measurement and monitor system for patients diagnosed with Parkinson's disease	Domiciano Rincón, Andrés Navarro	2018	Colombia
15	Monitorización de la actividad neuromotriz de un paciente de Enfermedad de Parkinson	Sergio Palomino Sánchez	2018	España

16	STOP: A Smartphone-based Game for Parkinson's Disease Medication	Valerii Kan	2018	Finlandia
17	Aplicación de la Minería de Datos al Diagnóstico y Evaluación de la Enfermedad de Parkinson, mediante la Voz	Francisco Díaz Pérez, Alfonsa García López	2018	España
18	Diseño de un biomarcador electrofisiológico para caracterizar un modelo animal de la enfermedad de Parkinson usando la potencia oscilatoria y Scale-Free de señales LFP	Aquiles Nicolas Martinez Berrios	2018	Chile
19	Diagnóstico de la enfermedad de Parkinson usando Deep Learning y grabaciones de voz mediante teléfono móvil	Bel En García Botija Aldana	2019	España
20	Desarrollo de una app para el diagnóstico diferencial de pacientes con Parkinson y temblor esencial	Theresa Reeb, Julián D. Loaiza Duque, Andrés M. González Vargas, Antonio J. Sánchez Egea	2019	España
21	Deep Learning Identifies Digital Biomarkers for Self-Reported Parkinson's Disease	Hanrui Zhang, Kaiwen Deng, Hongyang Li, Roger L. Albin, Yuanfang Guan	2020	Estados Unidos
Total				21

Fuente: Autoría Propia

En la tabla 3.4 Se muestran una lista con los 11 artículos o tesis que quedaron luego de aplicarle un criterio extra de exclusión el cual fue por, los más recientes y descartando las soluciones muy poco parecidas o alejadas del tema de investigación principal.

Tabla 3.4 Estudios Seleccionados

N.º	TÍTULO	AUTOR	AÑO	PAÍS
-----	--------	-------	-----	------

AP1	ParkNosis: Diagnosing Parkinson's Disease Using Mobile Phones	Abdulwahab Sahyoun, Karim Chehab, Osama Al-Madani, Fadi Aloul, Assim Sagahyroon	2016	Emiratos Árabes Unidos
AP2	Parkinson's disease hand tremor detection system for mobile application	Luay Fraiwan, Ruba Khnouf, Abdel Razaq Mashagbeh	2016	Emiratos Árabes Unidos
AP3	TREMOR12: An Open-Source Mobile App for Tremor Quantification	Pieter L. Kubben. Mark L. Kuijf. Linda P.C.M. Ackermans, Albert F.G. Leentjes, Yasin Temel	2016	Países Bajos
AP4	Tremor Detection Using Smartphone-based Acoustic Sensing	Wei Wang, Xun Wang, Lei Xie	2017	China
AP5	Aplicación de la Minería de Datos al Diagnóstico y Evaluación de la Enfermedad de Parkinson, mediante la Voz	Francisco Díaz Pérez, Alfonsa García López	2018	España
AP6	Procesado de señales procedentes de smartphones para el análisis de temblores fisiológicos	Javier Pérez Ácimas	2018	España
AP7	Monitorización de la actividad neuromotriz de un paciente de Enfermedad de Parkinson	Sergio Palomino Sánchez	2018	España
AP8	STOP: A Smartphone-based Game for Parkinson's Disease Medication	Valerii Kan	2018	Finlandia
AP9	Desarrollo de una app para el diagnóstico diferencial de pacientes con Parkinson y temblor esencial	Theresa Reeb, Julián D. Loaiza Duque, Andrés M. González Vargas, Antonio J. Sánchez Egea	2019	España

AP10	Diagnóstico de la enfermedad de Parkinson usando Deep Learning y grabaciones de voz mediante teléfono móvil	Bel En García Botija Aldana	2019	España
AP11	Deep Learning Identifies Digital Biomarkers for Self-Reported Parkinson's Disease	Hanrui Zhang, Kaiwen Deng, Hongyang Li, Roger L. Albin, Yuanfang Guan	2020	Estados Unidos
Total				11

Fuente: Autoría Propia

Esta sección se dará contestación a las cuestiones de la investigación planteadas en la metodología, se realizará un análisis profundo de las 3 preguntas de investigación y se contestará cada una tomando como base todo lo obtenido en el Estado del arte.

Q1: ¿Existe una aplicación móvil híbrida que este enfocada en la enfermedad de Parkinson?

Actualmente con la investigación proporcionada por todos los autores no se encuentre una aplicación móvil híbrida que pueda estar enfocada en la enfermedad de Parkinson, lo que si pudimos observar que se desarrollaron bajo los sistemas Android o IOS. Lo cual nuestro Capítulo II hicimos las comparaciones respectivas de ambos sistemas y se cree que el mayor costo beneficio en cuestión de tiempo es desarrollar una aplicación híbrida.

Q2: ¿Cuáles son los aprendizajes son más usados para la recopilación de datos del temblor de Parkinson?

De los estudios seleccionados se ha visto reflejado que actualmente aprendizajes como Deep Learning, Minería de Datos, Machine Learning son lo más usados como también se vio que algunos simplemente se basan en la recolección de datos más no el cálculo correspondiente dentro de sus mismas funcionalidades o técnicas como Gamificación que complementen la aplicación.

Q3: ¿Existe una aplicación que monitorice los temblores de Parkinson?

Si, existen varias en el mercado actual algunas con más funcionalidades que otras o exámenes que apoyan o refuerzan el estudio de la enfermedad de Parkinson. El detalle está que algunas de ellas son de paga, o que simplemente no llevan el mantenimiento correspondiente.

Es más dentro del artículo de investigación (M., L., & R., 2017) encontraron que de un total de 125 app referentes al campo de la Biomedicina; 56 de ellas fueron potencialmente de beneficio en la EP y 69 implementadas particularmente para la EP, estando 23 de estas de índole solo informativo, 29 de valoración, 13 de tratamiento y 4 de valoración y tratamiento.

Lo cual nos demuestra que si bien es cierto existen, pero no son muchas y tampoco que puedan cumplir todos los estándares necesarios.

3.5 BenchMarking

Como manera de un mejor entendimiento, se presenta un cuadro para validar teóricamente nuestro aporte, comparándolo con todos los aportes de la literatura, para comprobar que este cumple con más criterios que otros que vieron el desarrollo de las investigaciones de aplicaciones móviles de la enfermedad de Parkinson.

Tabla 3.5 Benchmarking

Criterios	CRITERIOS									
	Podrá Monitorizar los temblores	Utilización de algún tipo de Aprendizaje / Técnica	Sistema Operativo Android	Sistema Operativo IOS	Sistema Operativo Híbrido	Control de Pastillas	Predecir Resultados	Cuentan con una Base de Datos	Enviar Resultados en Línea	
AP1	Si	Si	Si	No	No	No	Si	Si	Si	
AP2	Si	Si	Si	No	No	No	Si	No precisa	No Precisa	
AP3	Si	No	No	SI	No	No	No	No Precisa	No	
AP4	Si	No Precisa	No	Si	No	No	Si	No	Si	
AP5	No	Si	No Precisa	No Precisa	No Precisa	No	Si	No Precisa	No Precisa	
AP6	Si	Si	Si	No	No	No	Si	Si	Si	
AP7	Si	No	Si	No	No	No	No	Si	No	
AP8	Si	Si	SI	No	No	Si	No	Si	Si	
AP9	Si	Si	No Precisa	No Precisa	No Precisa	No	Si	Si	Si	
AP10	No	Si	Si	No	No	No	Si	Si	Si	
AP11	Si	SI	No Precisa	No Precisa	No Precisa	No	SI	No	No	
Tesis a Presentar	Si	Si	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	

Fuente: Autoría Propia

3.6 Estudios Parecidos

APORTACIONES

3.6.1 TREMOR12: An Open-Source Mobile App for Tremor Quantification

Autores: Pieter L. Kubben, Mark L. Kuijf, Linda Ackermans, Albert Leentjes, Yasin Temel

El autor de la tesis propone:

- Desarrollar una aplicación móvil de código abierto para cuantificación del temblor donde las muestras de aceleración, rotación, rotación velocidad y gravedad, cada una en 3 ejes y con marca de tiempo una frecuencia de hasta 100 Hz.

- Los datos de medición sin procesar pueden ser exportado como un archivo de que contiene valores separados por comas para un análisis posterior.
- TREMOR12 se ejecuta en iPod Touch o iPhone y requiere iOS8 o una versión más reciente.

Utilidad en el proyecto:

1° Nos demuestra que debemos abarcar otros sistemas operativos móviles del mercado.

2° Mostro que las aplicaciones móviles existentes aún no procesan los datos obtenidos por el celular.

3.6.2 STOP: A Smartphone-based Game for Parkinson's Disease Medication Adherence

Autor: Valerii Kan

El autor de la tesis propone:

- El desarrollo de una aplicación que comprometa a los usuarios a jugar un juego corto basado en el movimiento varias veces a lo largo del día.
- La aplicación utiliza el método de gamificación: las sesiones de muestreo se implementan como un juego basado en acelerómetro a corto plazo que les pide a los pacientes que jueguen varias veces al día.
- La aplicación recuerda a los pacientes que deben tomar los medicamentos a tiempo y registrar las marcas de tiempo en el diario de medicamentos
- La aplicación se crea como una herramienta para la recopilación de datos de pacientes con EP. Basándose en los dos componentes incorporados, el juego basado en el acelerómetro y el diario de medicamentos, la aplicación recopila los datos para recibir una imagen de la salud del paciente en el momento específico.

- El juego incorporado utiliza cuatro sensores diferentes de teléfonos inteligentes: giroscopio, acelerómetro, acelerómetro lineal y rotación. El conjunto de datos proporcionado por estos sensores refleja el efecto de temblor del usuario y se utiliza para definir la correlación entre el efecto de la medicación y el estado de salud del sujeto.

Utilidad en el proyecto:

1º Nos demuestra que dentro de los parámetros necesarios para la medición del temblor de Parkinson serán necesarios capturar las variables proporcionadas por giroscopio, acelerómetro, acelerómetro lineal y rotación.

2º Una preocupación latente por la medicación de los pacientes y en que horarios deben ser tomados para su respectiva dosificación diaria.

3.6.3 Monitorización de la actividad neuromotriz de un paciente de Enfermedad de Parkinson

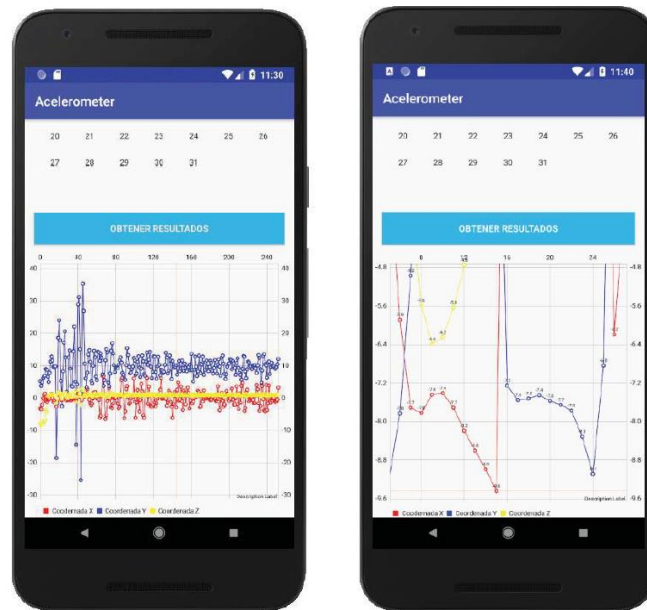
Autores: Sergio Palomino Sánchez

El autor de la tesis propone:

Implementar una aplicación en Android que facilitará la medición en distancia de los movimientos de un paciente con la enfermedad de Parkinson.

La gráfica fue desarrollada en la clase `ChartActivity()`, en donde nos muestra los valores X, Y, Z que son los tres ejes dimensionales medidos a través de los sensores del celular.

Figura 3.2 Gráficas ampliadas y sin ampliar en la medición de datos



Autor: (Sánchez, 2018)

La base de datos utilizadas fue SQLite al siendo muy sencillo y práctico para los dispositivos móviles ya que su desarrollo amigable fue esencial para la usabilidad del mismo

Utilidad en el proyecto:

1º Será de mucha utilidad ya que nos da una idea de prototipo o mockup en el desarrollo de nuestra aplicación y teniendo en cuenta las gráficas de medición.

2º Permite darnos cuenta que podemos explorar con otros motores de base de datos actuales en el mercado.

3.6.4 Desarrollo de una app para el diagnóstico diferencial de pacientes con Parkinson y temblor esencial

Autores: Theresa Reeb, Julián D. Loaiza Duque, Andrés M. González Vargas, Antonio J. Sánchez Egea

El autor de la tesis propone:

Elaborar una app móvil para poder diferenciar el diagnóstico entre pacientes con Temblor Esencial y con la enfermedad de Parkinson utilizando modelos de Machine Learning. Para poner en funcionamiento la aplicación el paciente coloca en la mano dominante el celular y por medio del giroscopio incorporado registra los movimientos cinemáticos de la velocidad angular, cabe precisar que la persona debe encontrarse sentado con el brazo en reposo. En el servidor web se encontraron los modelos implementados y por medio de la aplicación móvil se hizo el registro, procesamiento y clasificación de las velocidades angulares.

Estos exámenes se hacen a una frecuencia de 100Hz en el periodo de 30 segundos en dos condiciones:

- 1) **Reposo:** La persona descansa sus antebrazos
- 2) **Postura:** La persona mantiene ambos brazos extendidos.

Figura 3.3 Diagrama del flujo de la herramienta desarrollada



Fuente: (Theresa, Julián D., Andrés M., & Antonio J., 2019)

Utilidad en el proyecto:

1º Poder aplicar algoritmos de Machine Learning para el desarrollo de nuestra aplicación móvil.

3.6.5 Tremor Detection Using Smartphone-based Acoustic Sensing

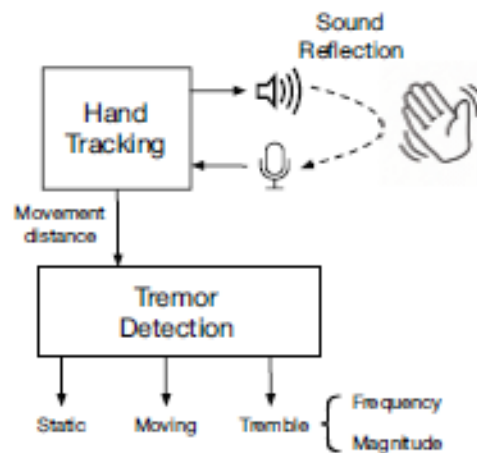
Autores: Wei Wang, Xun Wang, Lei Xie

El autor de la tesis propone:

Una aplicación de detección de temblor en teléfonos inteligentes para el dictamen precoz de la EP. El esquema de detección de temblor utiliza un sonido emitido inaudible por el altavoz incorporado en el teléfono inteligente. Se mide el movimiento de la mano extrayendo la fase del sonido ondas reflejadas por la mano.

La aplicación puede clasificar si la mano está estática, se mueve o tiembla, sin requerir del paciente para sostener el teléfono. También puede determinar la intensidad del temblor midiendo parámetros como la frecuencia de temblor y el temblor magnitud.

Figura 3.4 Estructura de toma de decisiones de TREMOR



Fuente: (Wang, Wang, & Xie, 2017)

El sistema de detección de temblores no requiere aún dispositivos más solo necesitan poner su mano o brazo cerca del móvil teléfono (dentro de 30 cm) para realizar la prueba. Cabe mencionar que funciona para varios casos de uso, incluido el caso de que el usuario sea sosteniendo un objeto, como un bolígrafo o una cuchara.

Figura 3.5 Demostración de la Aplicación Tremor



Fuente: (Wang, Wang, & Xie, 2017)

Se ejecuta como una aplicación iOS en iPhones comerciales sin modificaciones de hardware.

Utilidad en el proyecto:

1º Será de mucha utilidad al poder utilizar los sensores inerciales del teléfono móvil para una evaluación del temblor de Parkinson

3.6.6 Procesado de señales procedentes de smartphones para el análisis de temblores fisiológicos

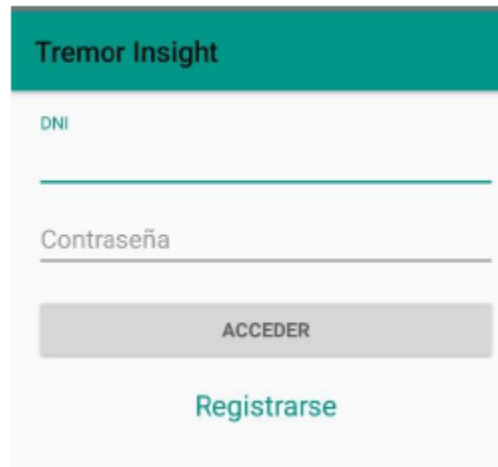
Autor: Javier Pérez Ácimas

El autor de la tesis propone:

Aplicación móvil que pueda recoger datos de los temblores de la mano de una persona y también remitir a un servidor remoto, lo cual se encomendará de acumular los datos, para luego ser procesadas y analizadas las señales a través de Matlab. Para su implementación

de la aplicación móvil se utilizó lenguajes XML y Java, y el servidor en MySQL y Python. Fue bautizada baso el nombre de Tremor Insight cuenta con ingreso para usuarios

Figura 3.6. Pantalla Inicial de Tremor Insight

La imagen muestra la pantalla de inicio de la aplicación Tremor Insight. En la parte superior hay una barra de título de color verde oscuro con el texto "Tremor Insight" en blanco. Debajo, el formulario de inicio de sesión tiene dos campos de entrada: "DNI" y "Contraseña", ambos con líneas de subrayado. Debajo de estos campos hay un botón gris con el texto "ACCEDER" en mayúsculas. En la parte inferior del formulario, el texto "Registrarse" aparece en un color verde que coincide con la barra de título.

Fuente: (Javier, 2018)

Como también registro para usuarios nuevos.

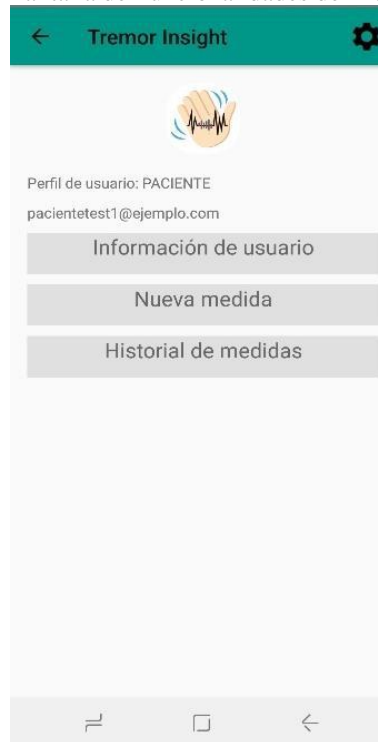
Figura 3.7 Pantalla de Registro de Tremor Insight

La imagen muestra la pantalla de registro de la aplicación Tremor Insight. En la parte superior hay una barra de título de color verde oscuro con el texto "Registrarse" en blanco. Debajo, el formulario comienza con el texto "Rellene los siguientes datos:". Los campos de registro incluyen: "DNI:" con el valor "12345678A" ingresado; "Nombre:"; "Apellidos:"; "Fecha de nacimiento:" con el formato "dd / mm / aaaa"; "Contraseña:"; "Repetir contraseña:"; "Género:" con tres opciones de radio: "Hombre", "Mujer" y "Otro" (esta última está seleccionada); "Email:"; "Patología*:"; "Información adicional*:"; "Teléfono*:"; y "Dirección*:". Al final del formulario, hay un checkbox con el texto "Acepto los terminos y condiciones". En la parte inferior de la pantalla, hay una barra de navegación gris con tres iconos: un símbolo de menú, un cuadrado y una flecha hacia atrás.

Fuente: (Javier, 2018)

La tarea de poder efectuar nuevas mediciones y la de examinar el historial de medidas de dicho usuario.

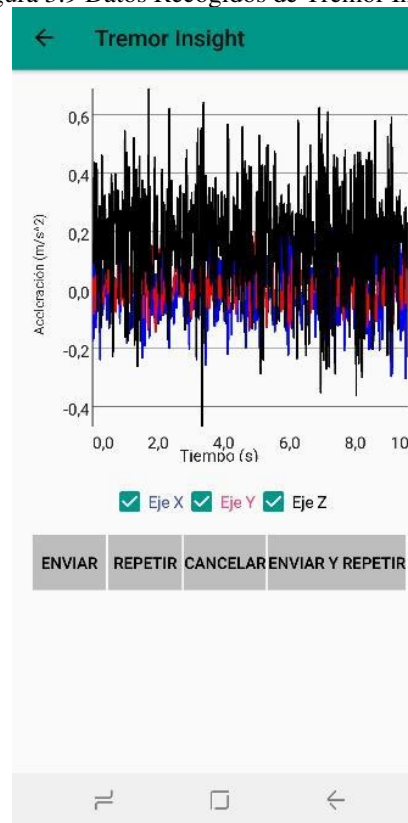
Figura 3.8 Pantalla de Funcionalidades de Tremor Insight



Fuente: (Javier, 2018)

Luego de presionar el botón de encendido comenzará un conteo regresivo de tres segundos, el cual grabará los valores arrojados por el giroscopio y acelerómetro del dispositivo móvil. Asu vez en la pantalla se visualizará el tiempo restante de dicha prueba y los datos recogidos de los ejes x, y, z del acelerómetro.

Figura 3.9 Datos Recogidos de Tremor Insight



Fuente: (Javier, 2018)

Utilidad en el proyecto:

1º Nos permitió visualizar la estructura de la aplicación como las funcionalidades para poder adherir las más importantes en el proyecto.

2º Poder facilitar al usuario un manual de usuario.

3º Desarrollar una aplicación innata y con criterios de usabilidad por parte de los usuarios.

CAPÍTULO IV: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En este capítulo se determinarán las exigencias, diseños que se envolverán con la elaboración de la aplicación y se demarca el alcance de la misma; así mismo se establecerá como la app brindará la solución a la problemática y las áreas del conocimiento que existirán en el aplicativo.

La elaboración de la app móvil admite a un Smartphone por medio de sus sistemas inerciales capturar los valores del temblor de la enfermedad de Parkinson, el Smartphone cuenta con el objetivo principal de utilizar la plataforma de esta aplicación, en el cual se procesarán los datos y son enviados a un servidor para ser guardados o enviados a quien lo solicite.

Para la implementación de la App móvil se utilizó en el back el framework Spring bajo el lenguaje de programación de Java, por la parte del front el framework Ionic 5; y en la base de datos se utilizó MySQL.

El Smartphone que se utilizó para hacer las pruebas pertinentes de la aplicación móvil desarrollada es un Motorola XT1799-2, puesto que cuenta con las peculiaridades de afinidad necesarias para operar bajo el sistema operativo Android versión 7.1, cuenta a su vez con una memoria de almacenamiento interna de 32 GB admitiendo almacenar los diferentes tipos de archivos multimedia como sonidos e imágenes y por último una memoria RAM de 4 GB.

Es significativo subrayar que para la elaboración de la app móvil se ejecutó bajo el sistema operativo Windows 10, con un disco duro solido de 900gb que contaba con una memoria RAM de 16 GB.

4.1 Descripción del sistema

El sistema por elaborar consignará con un registro de cada de paciente y por medio de la cual podrá efectuar las funcionalidades propias de la aplicación. Dentro de la aplicación se plantea disponer de 3 aplicaciones fundamentales:

- Recepción de datos por del temblor parkinsoniano para su respectivo análisis y predicción.
- Poder establecer cuantos segundos se encuentra en esta de congelamiento una persona.
- Llevar un control por medio de una alarma de los medicamentos que son suministrados diariamente.
- Contar con un historial de las evaluaciones registrada de cada funcionalidad.

Cabe destacar que los historiales podrán ser guardados, eliminados y también enviados por correo electrónico al especialista que este de cabecera o alguna persona.

4.2 Requerimientos Funcionales

Aquí describiremos las actividades que se van a realizar en función al comportamiento del software cuando se cumplan ciertas condiciones. En este caso en específico relacionadas con funciones requeridas por los pacientes o médicos especialistas, datos que deben asociarse en las pantallas del sistema, vinculados con inspección de acceso o elaboración de reportes solicitados por entes fiscalizadores, entre otros.

Tabla 4.1 Requerimiento Funcionales de la Aplicación Móvil Parkinson Analyzer

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
RF-01	Ingreso a la aplicación	La aplicación móvil debe ingresar como usuario.
RF-02	Registrar Usuarios	La aplicación móvil debe permitir el registro de usuarios con sus datos más importantes
RF-03	Recuperar Contraseña	La aplicación móvil debe permitir poder recuperar la contraseña.
RF-04	Registrar valores del giroscopio y acelerómetro	La aplicación móvil debe permitir registrar los valores en del giroscopio y acelerómetro en los planos x, y; y z
RF-05	Predecir temblores	La aplicación móvil debe permitir predecir los valores en los próximos segundos del temblor de Parkinson
RF-06	Registrar alarma	La aplicación móvil debe permitir el registro de las alarmas en su horario correspondiente
RF-07	Contabilizar pastillas	La aplicación móvil debe permitir la contabilización del número de pastillas por alarma
RF-08	Registrar Historial	La aplicación móvil debe permitir el registro de un historial por prueba ejecutada.
RF-09	Contabilizar el tiempo de Congelamiento	La aplicación móvil debe permitir contabilizar el tiempo en segundos.

RF-10	Enviar Correo	La aplicación móvil debe permitir compartir la información por correo.
RF-11	Visualizar Historial	La aplicación móvil debe permitir la visualización de los historiales guardados
RF-12	Editar Contenido	La aplicación móvil debe permitir la edición de algún registro siempre cuando no sea de un análisis.
RF-13	Eliminar Contenido	La aplicación móvil debe permitir eliminar registros de historiales o alarmas programadas.
RF-14	Ayuda	La aplicación móvil debe permitir las instrucciones correspondientes en caso de ayuda.
RF-15	Cerrar sesión	La aplicación móvil debe permitir cerrar sesión iniciada
RF-16	Fechas	La aplicación móvil debe registrar las fechas y horas exactas del día.

Fuente: Autoría Propia

4.2 Requerimientos No Funcionales

Incorporan las particularidades generales y restricciones de la app móvil existentes en nuestro sistema.

Tabla 4.2 Requerimiento No Funcionales de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer

TIPO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Seguridad	RNF-01	Toda la información personal de los usuarios deberá estar protegida y no podrá ser usada inadecuadamente.
Confiabilidad	RNF-02	La aplicación estará disponible las 24 horas todos los días del año.
Rendimiento	RNF-03	El tiempo de respuesta de la aplicación no debe ser mayor a 50 segundos.
Mantenibilidad	RNF-04	Se documentará la aplicación para garantizar el soporte de la herramienta y se desarrollará un manual de usuario

		con la finalidad de exponer el uso de la aplicación a los usuarios inexperimentados.
Eficiencia	RNF-05	Debe haber un uso adecuado de los tiempos y recursos del sistema
Costo	RNF-06	El costo esperamos que no sobrepase del presupuesto estimado
Usabilidad	RNF-07	La aplicación debe ser de fácil uso y manejo
Interfaz	RNF-08	La interfaz usada debe ser muy ligera y de visualización rápida
Estabilidad	RNF-09	Buscamos que la aplicación no se caiga por uso de usuarios concurrentes

Fuente: Autoría Propia

4.3 Requerimientos Del Sistema

Ya que miramos la creación de una aplicación móvil, nuestro sistema tendrá el siguiente y único requerimiento.

Tabla 4.3 Requerimiento del Sistema de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer

SISTEMA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
Móvil	RS-02	El uso de un Smartphone con sistema Android 4.2 KitKat o superior.

Fuente: Autoría Propia

4.4 Procesos Del Negocio

Aquí podremos ver a detalle el servicio al usuario que brindará la aplicación. Para un mejor entendimiento del sistema y así brindar una mejor agilidad de los procesos para su implementación.

4.4.1 Lista De Actores Del Negocio

Lista de Actores existentes en la aplicación móvil.

Tabla 4.4 Lista de Actores de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
AN-01	Usuario

Fuente: Autoría Propia

4.4.2 Lista De Casos De Uso Del Negocio

La lista consta de 6 casos de uso del negocio, explicando sus diferentes códigos, nombres, actores y definiciones.

Tabla 4.5 Lista de Casos de Uso del Negocio de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer

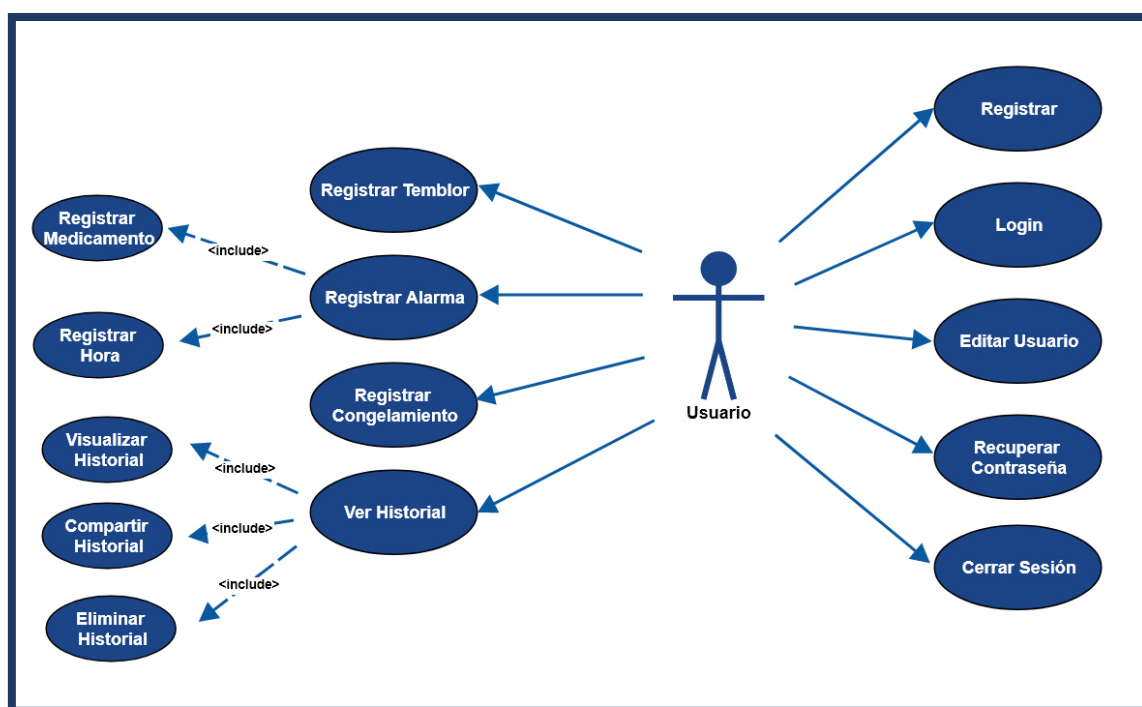
	CÓDIGO	NOMBRE	ACTOR	DEFINICIÓN
Móvil	CN-01	Registrar	Usuario	Permite registrar al usuario a la aplicación
	CN-02	Login	Usuario	Permite el ingreso del usuario a la aplicación mediante un usuario y contraseña
	CN-03	Editar Usuario	Usuario	Permite al usuario modificar algún dato que haya sido registrado
	CN-04	Recuperar Contraseña	Usuario	Permite recuperar la contraseña del usuario.
	CN-05	Registrar Temblor	Usuario	Permite al usuario poder registrar los ejes según la posición de la mano en movimiento
	CN-06	Registrar Alarma	Usuario	Permite al usuario poder registrar la alarma para las pastillas correspondientes
	CN-07	Registrar Congelamiento	Usuario	Permite al usuario poder iniciar y finalizar el proceso del tiempo que se encuentra en congelamiento
	CN-08	Ver Historial	Usuario	Permite al usuario poder eliminar, compartir y visualizar
	CN-09	Cerrar Sesión	Usuario	Permite al usuario poder salir de la aplicación

Fuente: Autoría Propia

4.4.3 Diagrama General De Casos De Uso

Aquí delimitamos los casos del uso en donde se detalla el comportamiento de la app a partir de los requerimientos tanto funcionales como no funcionales conseguidos.

Figura 4.1 Modelo de Caso de Uso de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer



Fuente: Autoría Propia

4.4.4 Especificaciones de los casos de uso del sistema

Aquí podremos visualizar los casos de uso obtenidos, así como las descripciones, condiciones, autores, flujos existentes y condiciones de estas.

Tabla 4.6 Especificación de caso de uso N.º 1- Registrar

CÓDIGO	CN-01
NOMBRE	Registrar
ENTORNO	Móvil
ACTOR	AN-01 Usuario
DESCRIPCIÓN	Registrar el usuario al sistema
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - El Usuario debe haber bajado la Aplicación Móvil - El Usuario debe haber ingresado en la Aplicación Móvil
FLUJO NORMAL	1º El Caso de Uso del Sistema inicia cuando el Usuario se encuentra dentro de la aplicación Móvil 2º El Usuario hace CLIC en la opción REGÍSTRATE 3º El Sistema direcciona a una nueva ventana donde podrá visualizar los campos requeridos para su registro (Nombre, Apellido Paterno, Apellido Materno, Número de Celular, Fecha de nacimiento, Ciudad, Correo Electrónico y Contraseña) 4º El Usuario llenará los campos respectivos 5º El Usuario confirmará haciendo CLIC en REGISTRAR

	6° El Sistema valida los campos. 7° El Sistema confirma Usuario Registrado 8° El Caso de Uso termina
FLUJO ALTERNATIVO	6.1 Los datos del usuario no son compatibles o dejados en blancos, será lanzado un mensaje de que falta llenar, sobre todo los datos obligatorios. 6.2 Los datos ingresados se repiten con información de la base de datos lanzando un error al registrar.
POST-CONDICIONES	El Sistema direccionará un correo electrónico al cliente efectuando su registro

Fuente: Autoría Propia

Tabla 4.7 Especificación de caso de uso N.º 2 - Login

CÓDIGO	CN-02
NOMBRE	Login
ENTORNO	Móvil
ACTOR	AN-01 Usuario
DESCRIPCIÓN	Ingreso del Usuario al sistema móvil
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - El Usuario debe haber bajado la Aplicación Móvil - El Usuario debe haber ingresado en la Aplicación Móvil
FLUJO NORMAL	1° El Caso de Uso del Sistema inicia cuando el Usuario se encuentra dentro de nuestra aplicación Móvil 2° El Sistema le pide el correo y contraseña correspondiente 3° El Usuario ingresa los datos 4° El Usuario procede hacer CLIC en la opción INGRESAR 5° El Caso de Uso termina
FLUJO ALTERNATIVO	4.1 Los datos del Usuario no son correctos: correo o contraseña.
POST-CONDICIONES	La aplicación arroja un mensaje de bienvenida al usuario, trayendo consigo la información guardada del servidor.

Fuente: Autoría Propia

Tabla 4.8 Especificaciones de caso de uso N.º 3 – Editar usuario

CÓDIGO	CN-03
NOMBRE	Editar Usuario
ENTORNO	Móvil
ACTOR	AN-01 Usuario
DESCRIPCIÓN	El Usuario puede editar o actualizar algún dato la información proporcionada al momento de registrarse.
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - El Usuario debe haber bajado la Aplicación Móvil - El Usuario debe haberse registrado en la Aplicación Móvil - El Usuario debe haber entrado en su cuenta.

FLUJO NORMAL	1° El Caso de Uso del Sistema inicia cuando el Usuario entro loguearse con su usuario y contraseña 2° El Sistema le da la bienvenida con un mensaje 3° El Usuario ingresa al menú de Opciones 4° El Usuario procede a ingresar a Editar 5° El Sistema nos arroja a una nueva ventana donde están los campos para actualizar o editar. 6° El Usuario ingresa los campos y coloca FINALIZAR 5° El Caso de Uso termina
FLUJO ALTERNATIVO	1.1 Los datos del Usuario no son correctos: correo o contraseña.
POST-CONDICIONES	La aplicación nos da la bienvenida de nuevo con los datos actualizados.

Fuente: Autoría Propia

Tabla 4.9 Especificaciones de caso de uso N.º 4 – Recuperar contraseña

CÓDIGO	CN-04
NOMBRE	Recuperar Contraseña
ENTORNO	Móvil
ACTOR	AN-01 Usuario
DESCRIPCIÓN	El Usuario podrá recuperar la contraseña olvidada para el ingreso de la aplicación móvil.
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - El Usuario debe haber bajado la Aplicación Móvil - El Usuario debe haber ingresado a la Aplicación Móvil
FLUJO NORMAL	1° El Caso de Uso del Sistema inicia cuando el Usuario se encuentra dentro de nuestra aplicación Móvil 2° El Usuario ingresa a la opción de “Olvidaste tu contraseña” 3° El Sistema nos arroja a una nueva ventana donde nos pide colocar el correo electrónico. 4° El Usuario procede a colocar su correo electrónico y coloca “Restablecer Contraseña” 5° El Sistema nos envía a nuestro correo una nueva contraseña. 6° El Caso de Uso termina
FLUJO ALTERNATIVO	3.1 El correo electrónico no existe registrado en la base de datos.
POST-CONDICIONES	La aplicación nos dirigirá a la pantalla principal para el logueo correspondiente

Fuente: Autoría Propia

Tabla 4.10 Especificación de caso de uso N.º 5 – Registrar temblor

CÓDIGO	CN-05
NOMBRE	Registrar Temblor
ENTORNO	Móvil

ACTOR	AN-01 Usuario
DESCRIPCIÓN	El Usuario podrá iniciar la captura de los datos correspondientes en los ejes x, y; z para su posterior interpretación y predicción.
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - El Usuario debe haber bajado la Aplicación Móvil - El Usuario debe haberse registrado en la Aplicación Móvil - El Usuario debe haber entrado en su cuenta.
FLUJO NORMAL	<p>1° El Caso de Uso del Sistema inicia cuando el Usuario se haya logueado</p> <p>2° El Sistema le da la bienvenida con un mensaje</p> <p>3° El Usuario ingresa al menú de Opciones</p> <p>4° El Usuario procede a ingresar a Temblor parkinsoniano</p> <p>5° El Sistema nos arroja a una nueva ventana donde estará un botón.</p> <p>6° El Usuario se dirige al botón “ANALIZAR”</p> <p>7° El Sistema procede a recopilar los datos en cuestión de segundos y son enviados directamente al servidor.</p> <p>8° El Usuario se dirige al botón “GUARDAR”</p> <p>9° El Sistema guarda la información y nos muestra un pdf con la información adquirida y nos brinda un mensaje de confirmación</p> <p>10° El Caso de Uso termina</p>
FLUJO ALTERNATIVO	<p>6.1 El Usuario se equivoque al presionar el botón ANALIZAR.</p> <p>7.1 El Sistema no encuentre forma de vincularse por medio de internet al servidor.</p> <p>9.1 La información recopilada no sea suficiente</p>
POST-CONDICIONES	La aplicación arroja al PDF para visualizar o poder realizar otro análisis

Fuente: Autoría Propia

Tabla 4.11 Especificación de caso de uso N.º 6 – Registrar alarma

CÓDIGO	CN-06
NOMBRE	Registrar Alarma
ENTORNO	Móvil
ACTOR	AN-01 Usuario
DESCRIPCIÓN	El Usuario podrá registrar la alarma correspondiente para el consumo de sus pastillas, así mismo podrá contabilizar cuanto medicamento le queda.
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - El Usuario debe haber bajado la Aplicación Móvil - El Usuario debe haberse registrado en la Aplicación Móvil - El Usuario debe haber entrado en su cuenta.

FLUJO NORMAL	<p>1° El Caso de Uso del Sistema inicia cuando el Usuario se haya logueado</p> <p>2° El Sistema le da la bienvenida con un mensaje</p> <p>3° El Usuario ingresa al menú de Opciones</p> <p>4° El Usuario procede a ingresar a “ALAMARMA”</p> <p>5° El Sistema nos arroja a una nueva ventana donde estará un botón.</p> <p>6° El Usuario se dirige al botón de agregar nueva “ALARMA”</p> <p>7° El Sistema procederá con un pequeño formulario con las siguientes características de las pastillas: Nombre, Cantidad, Descripción y Hora para suministrar.</p> <p>8° El Usuario llena todos los datos hasta llegar a la casilla de “hora para suministrar.</p> <p>9° El Sistema nos arrojará una ventana nueva donde se podrá visualizar un reloj.</p> <p>10° El Usuario colocará el turno AM o PM, la hora y minutos. Luego colocará en el botón “OK”</p> <p>11° El Sistema nos devuelve a la anterior ventana para seguir con el proceso de registrar alarma.</p> <p>12° Una vez terminado el Usuario coloca en el botón “CREAR”</p> <p>13° El Sistema guarda la información en la base de datos de la nube</p> <p>14° El Caso de Uso termina</p>
FLUJO ALTERNATIVO	<p>10.1 El Usuario coloca “CANCELAR” y no termina de completar la hora.</p> <p>13.1 El Sistema no guarda la información de la alarma porque falta alguna casilla completar</p>
POST-CONDICIONES	La aplicación nos dirige a la ventana de Alarma para poder visualizar o añadir alguna más

Fuente: Autoría Propia

Tabla 4.12 Especificación de caso de uso N.º 7 – Registrar congelamiento

CÓDIGO	CN-07
NOMBRE	Registrar Congelamiento
ENTORNO	Móvil
ACTOR	AN-01 Usuario
DESCRIPCIÓN	El Usuario podrá registrar la cantidad de minutos o segundos que se encuentra en estado de LOG o Congelamiento por medio de un cronometro.
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - El Usuario debe haber bajado la Aplicación Móvil - El Usuario debe haberse registrado en la Aplicación Móvil - El Usuario debe haber entrado en su cuenta.
FLUJO NORMAL	<p>1° El Caso de Uso del Sistema inicia cuando el Usuario se haya logueado</p> <p>2° El Sistema le da la bienvenida con un mensaje</p> <p>3° El Usuario ingresa al menú de Opciones</p>

	<p>4° El Usuario procede a ingresar a “CONGELAMIENTO”</p> <p>5° El Sistema nos arroja a una nueva ventana donde estará un reloj con un panel de características.</p> <p>6° El Usuario se dirige al botón de “INICIAR”</p> <p>7° El Sistema procederá a contar cuantos segundos la persona se encuentra en ese estado</p> <p>8° El Usuario coloca “FINALIZAR”.</p> <p>9° El Sistema procederá a contabilizar cuantas horas, minutos y segundos se encontró así.</p> <p>11° El Sistema guarda la información en la nube y genera un archivo en formato PDF para su distribución o visualización.</p> <p>12° El Caso de Uso termina</p>
FLUJO ALTERNATIVO	<p>6.1 El usuario desea volverse al menú de opciones</p> <p>13.1 El Sistema no guarda la información del congelamiento por problemas de internet al tratar de comunicarse con el servidor.</p>
POST-CONDICIONES	La aplicación nos dirige a la ventana de Congelamiento para poder medir otra muestra.

Fuente: Autoría Propia

Tabla 4.13 Especificación de caso de uso N.º 8 – Ver historial.

CÓDIGO	CN-08
NOMBRE	Ver Historial
ENTORNO	Móvil
ACTOR	AN-01 Usuario
DESCRIPCIÓN	El Usuario podrá visualizar, compartir o eliminar los archivos PDF's de los análisis guardados por la aplicación móvil.
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - El Usuario debe haber bajado la Aplicación Móvil - El Usuario debe haberse registrado en la Aplicación Móvil - El Usuario debe haber entrado en su cuenta.
FLUJO NORMAL	<p>1° El Caso de Uso del Sistema inicia cuando el Usuario se haya logueado</p> <p>2° El Sistema le da la bienvenida con un mensaje</p> <p>3° El Usuario ingresa al menú de Opciones</p> <p>4° El Usuario procede a ingresar a “HISTORIAL”</p> <p>5° El Sistema nos arroja a una nueva ventana donde se podrá visualizar los análisis realizados con sus respectivos datos: fecha, hora, tipo de análisis. También habrá botones de acción para su ejecución: visualizar, compartir y eliminar</p> <p>6° El Usuario se elige uno de los tres</p> <p>11° El Sistema procederá a devolver la información que se encuentra alojada en la nube o actualizará la data si desea eliminar.</p>

	12° El Caso de Uso termina
FLUJO ALTERNATIVO	<p>6.1 El Usuario elije la opción de eliminar, presionando el Boton de forma de tachito.</p> <p>6.2 El Usuario elije la opción de visualizar, presionando el Boton de forma de un ojo.</p> <p>6.2.1 El Sistema se encargará de mostrar el archivo PDF de dicho examen evaluado.</p> <p>6.3 El Usuario elije la opción de “compartir”, presionando el Boton de forma de red.</p> <p>6.3.1 El Sistema nos direcciona al correo electrónico donde se encontrará el archivo en PDF para enviarlo a un correo requerido.</p>
POST-CONDICIONES	La aplicación nos dirige a la ventana de Historial.

Fuente: Autoría Propia

Tabla 4.14 Especificación de caso de uso N.º 9 – Cerrar sesión

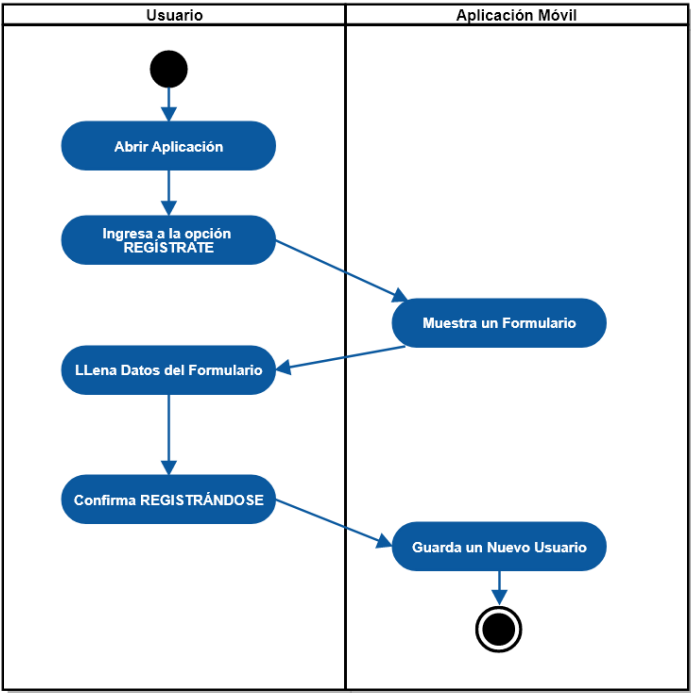
CÓDIGO	CN-09
NOMBRE	Cerrar Sesión
ENTORNO	Móvil
ACTOR	AN-01 Usuario
DESCRIPCIÓN	El Usuario cierra sesión de la aplicación móvil
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> - El Usuario debe haber bajado la Aplicación Móvil - El Usuario debe haber ingresado a la Aplicación Móvil
FLUJO NORMAL	<p>1° El Caso de Uso del Sistema inicia cuando el Usuario se encuentra dentro de nuestra aplicación Móvil</p> <p>2° El Usuario se dirige al menú de opciones</p> <p>3° El Sistema muestra las opciones de la aplicación</p> <p>4° El Usuario a moverse donde dice “CERRAR SESIÓN”</p> <p>5° El Caso de Uso termina</p>
FLUJO ALTERNATIVO	4.1 El Usuario decide no salir y quedarse analizar algo en la aplicación.
POST-CONDICIONES	La aplicación se cierra.

Fuente: Autoría Propia

4.5 Diagramas De Actividades

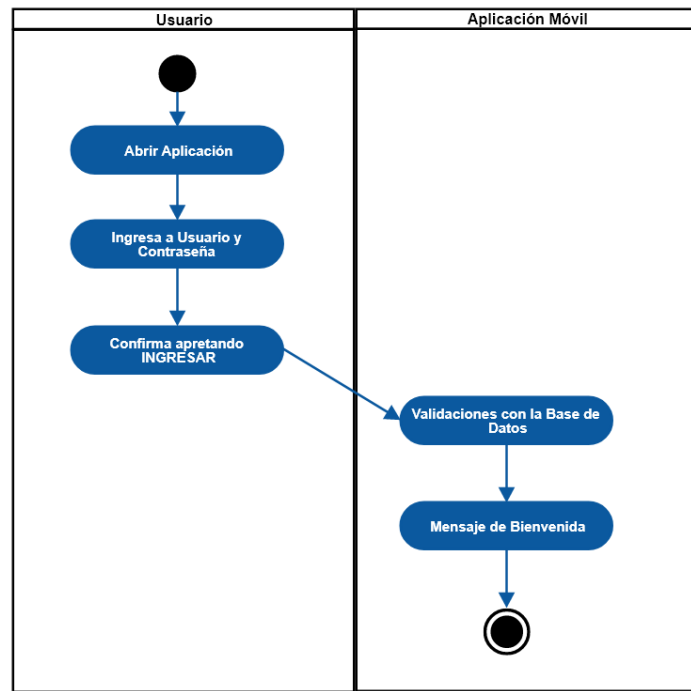
Aquí tendremos al detalle cada proceso involucrando sus actividades en el negocio.

Figura 4.2 Diagrama de Actividad CN-01 – Registrar Usuario



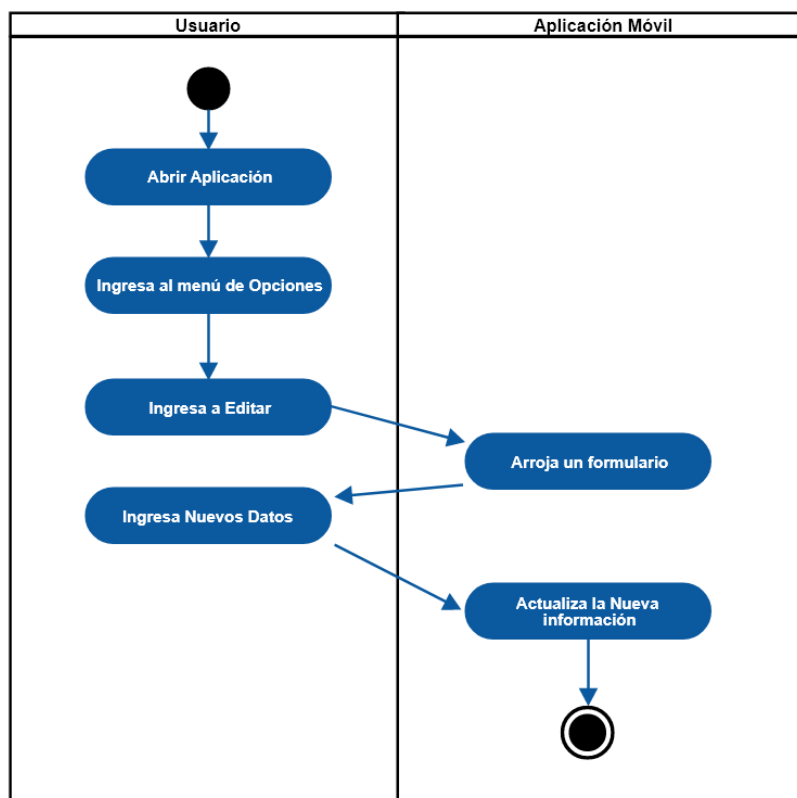
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.3 Diagrama de Actividad CN-02 – Login



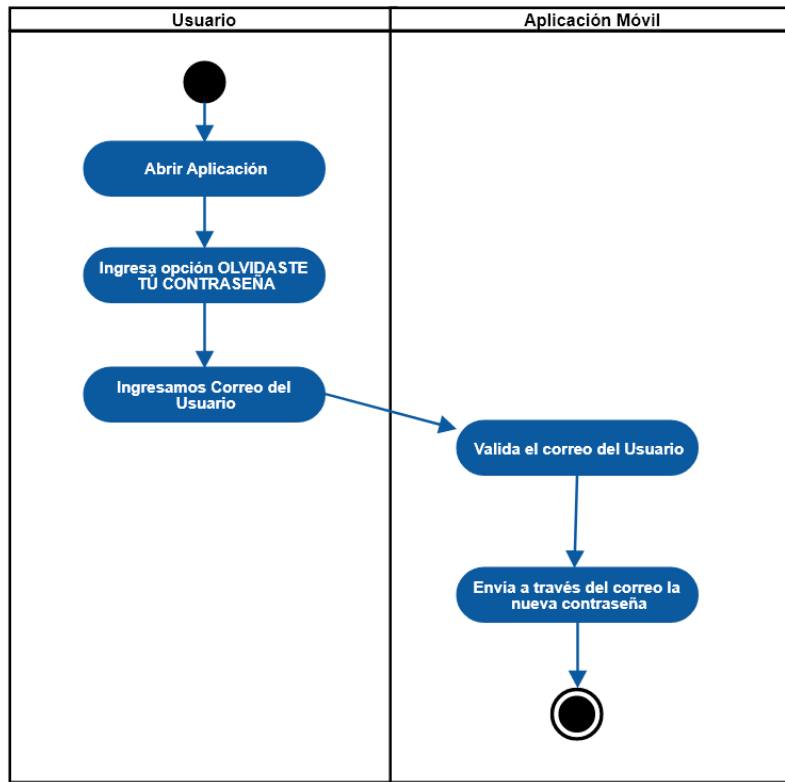
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.4 Diagrama de Actividad CN-03 – Editar Usuario



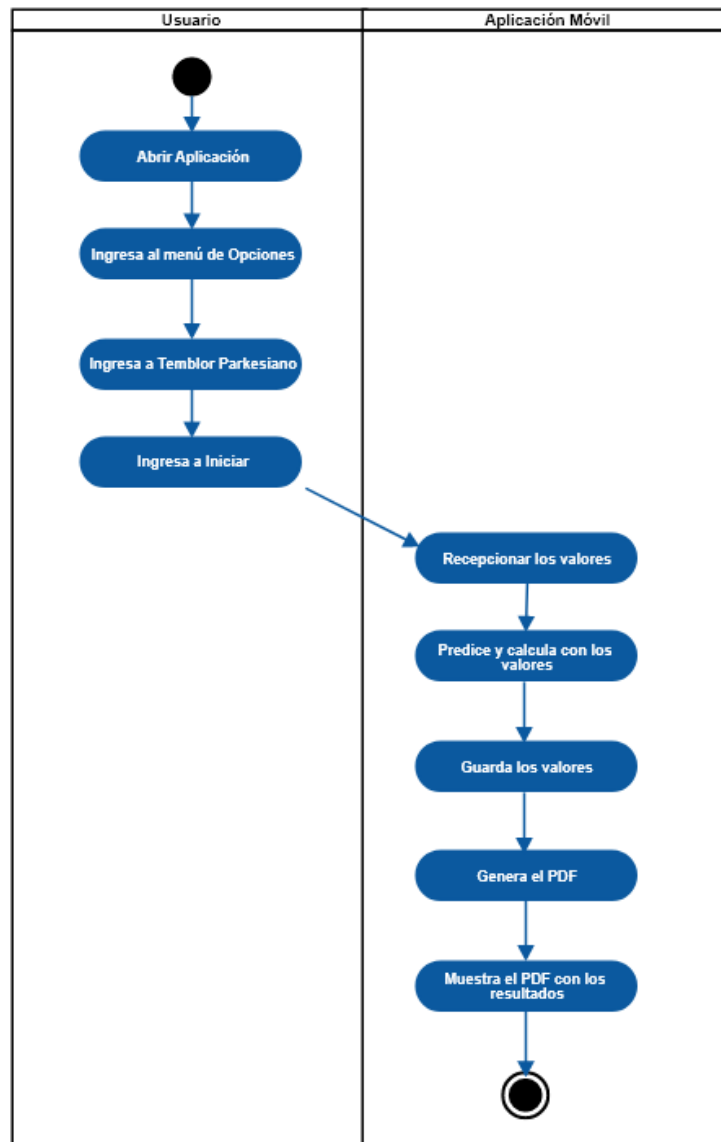
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.5 Diagrama de Actividad CN-04 – Recuperar Contraseña



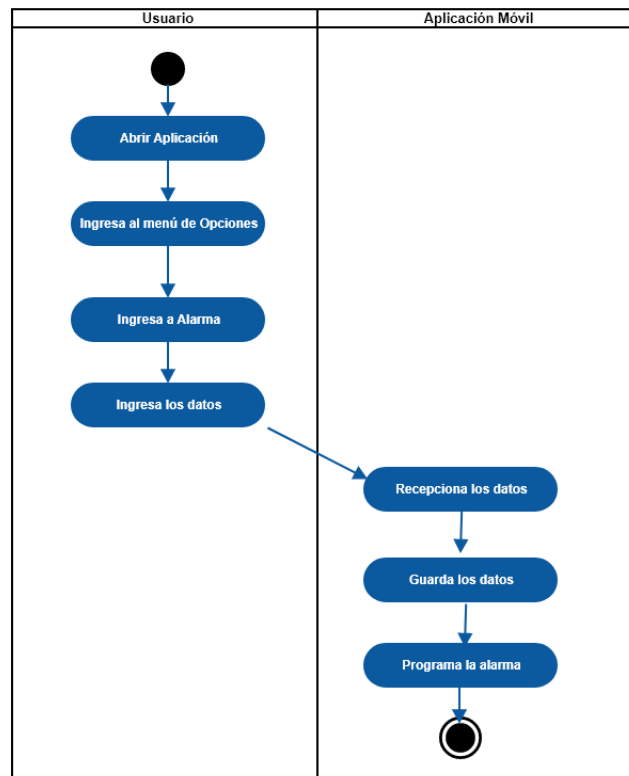
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.6 Diagrama de Actividad CN-05 – Registrar Temblor



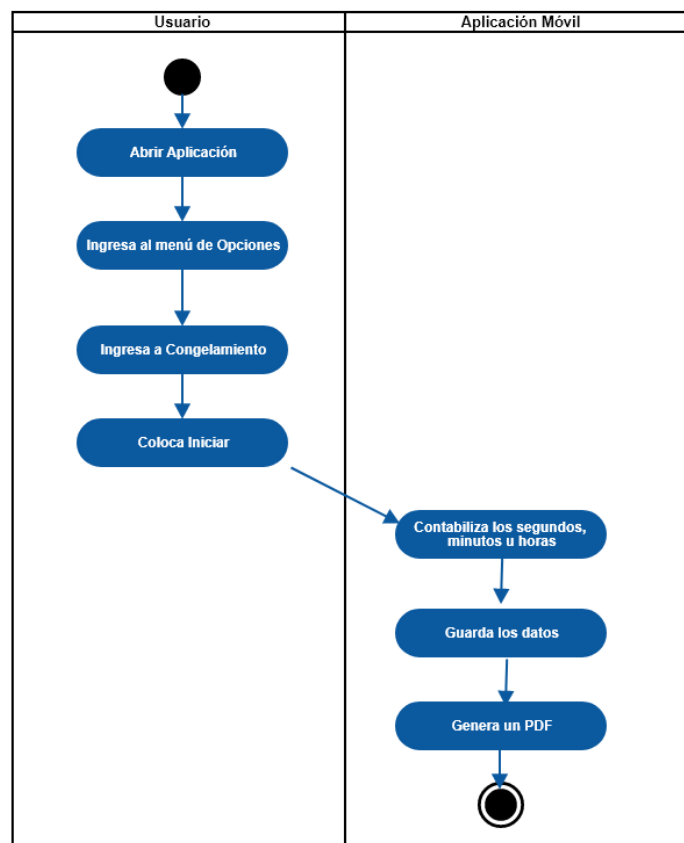
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.7 Diagrama de Actividad CN-06 – Registrar Alarma



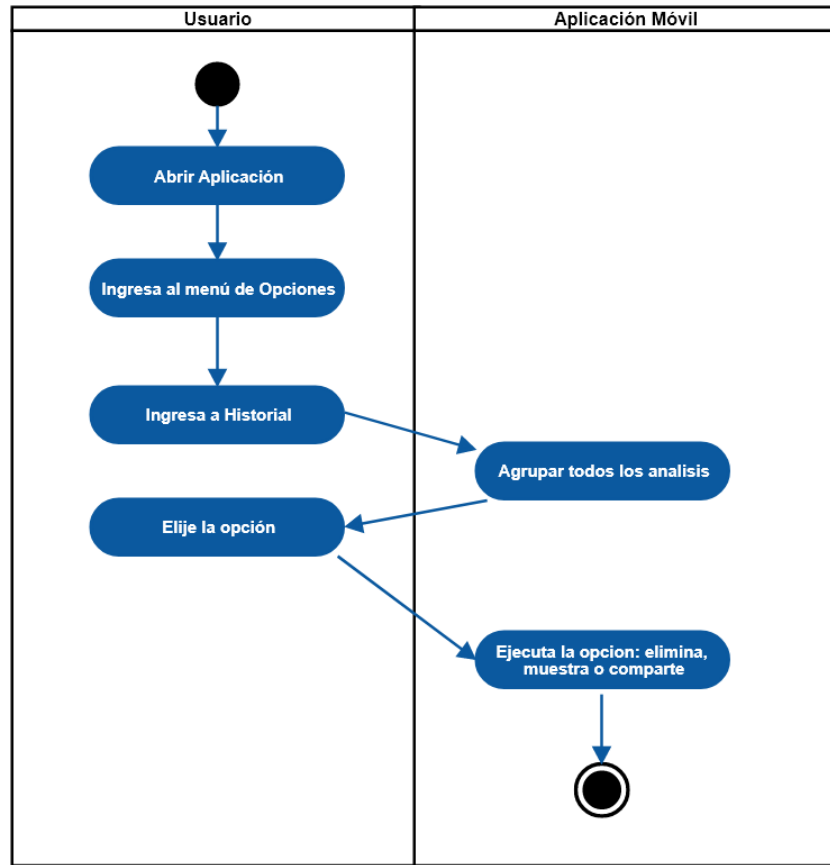
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.8 Diagrama de Actividad CN-07 – Registrar Congelamiento



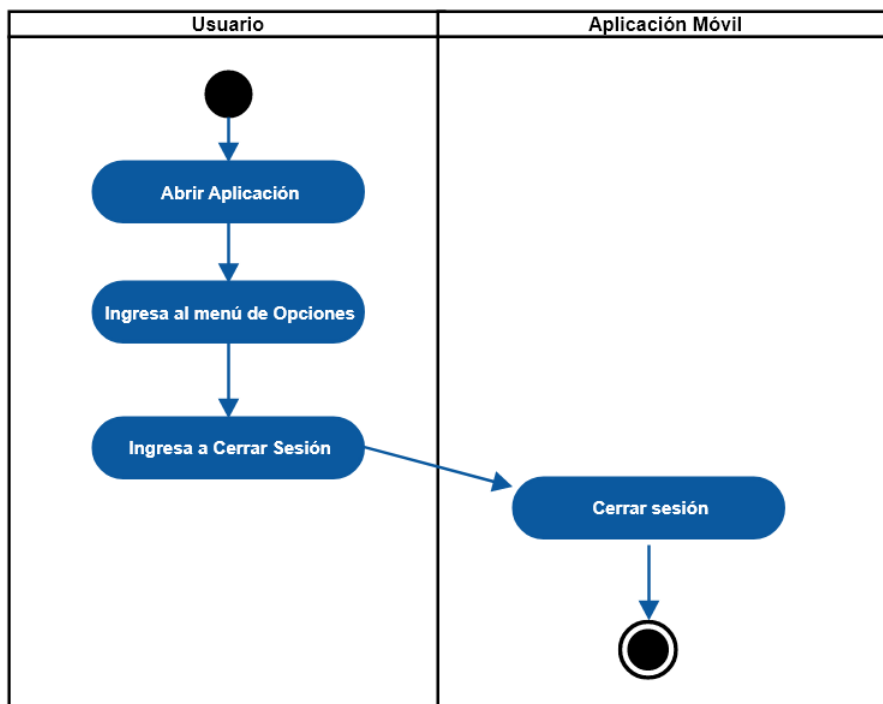
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.9 Diagrama de Actividad CN-08 – Ver Historial



Fuente: Autoría Propia

Figura 4.10 Diagrama de Actividad CN-09 – Cerrar Sesión

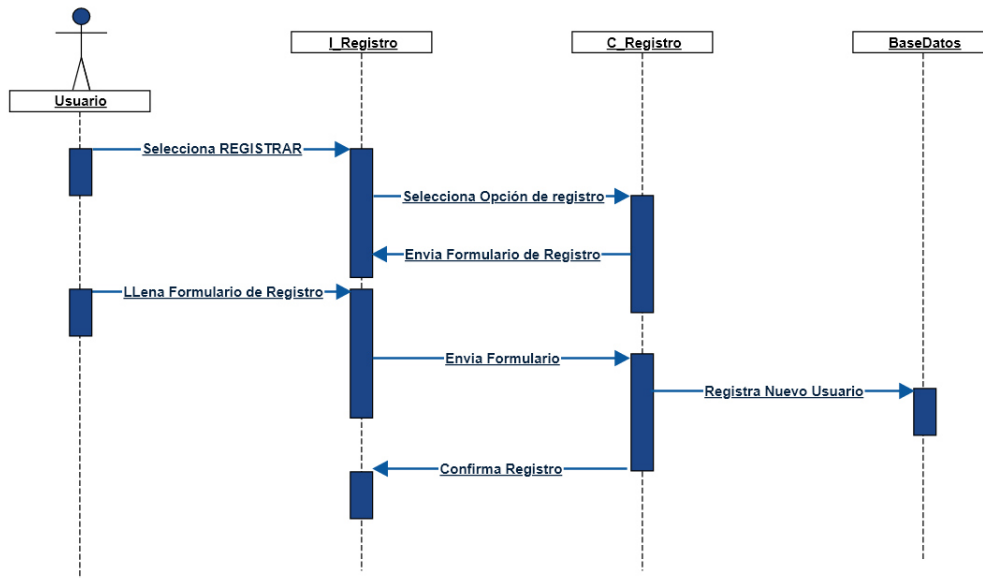


Fuente: Autoría Propia

4.6 Diagramas De Secuencia

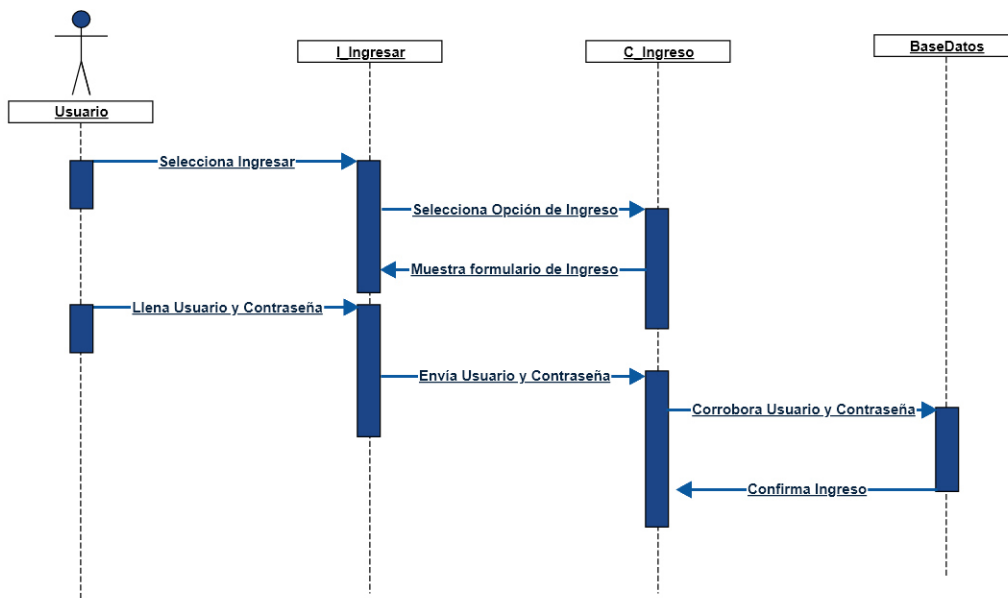
Aquí tendremos las cadenas de sucesiones y objetos que cohabitan simultáneamente, y los mensajes distribuidos entre ellos para establecer las funciones antes que la línea de tiempo termine.

Figura 4.11 Diagrama de secuencia CN-01 – Registrar



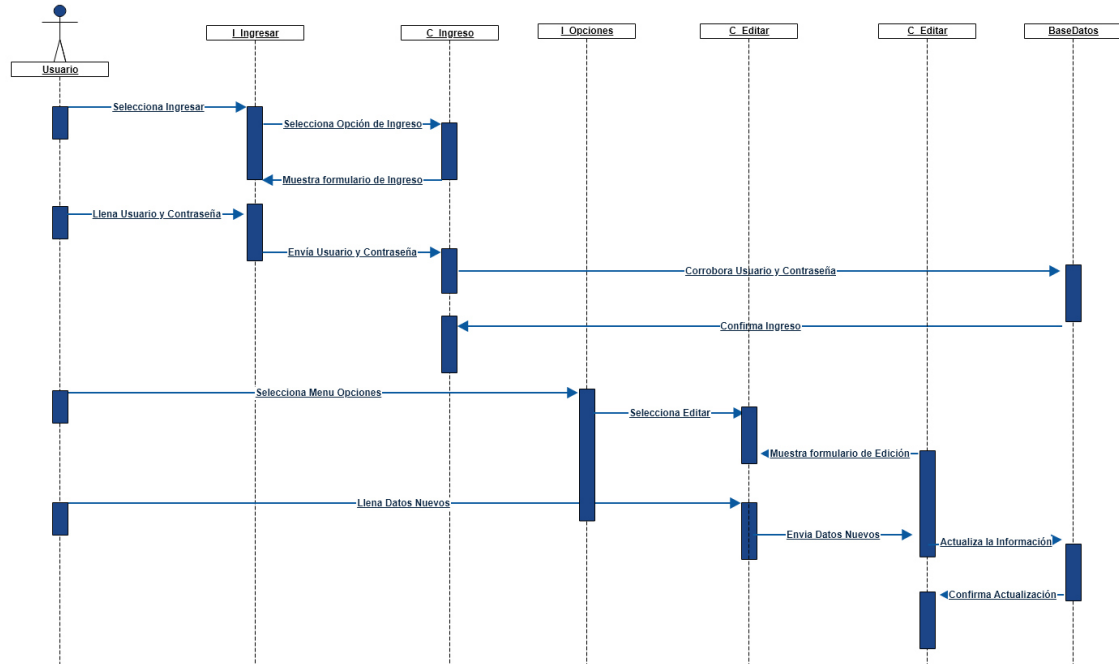
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.12 Diagrama de secuencia CN-02 - Login



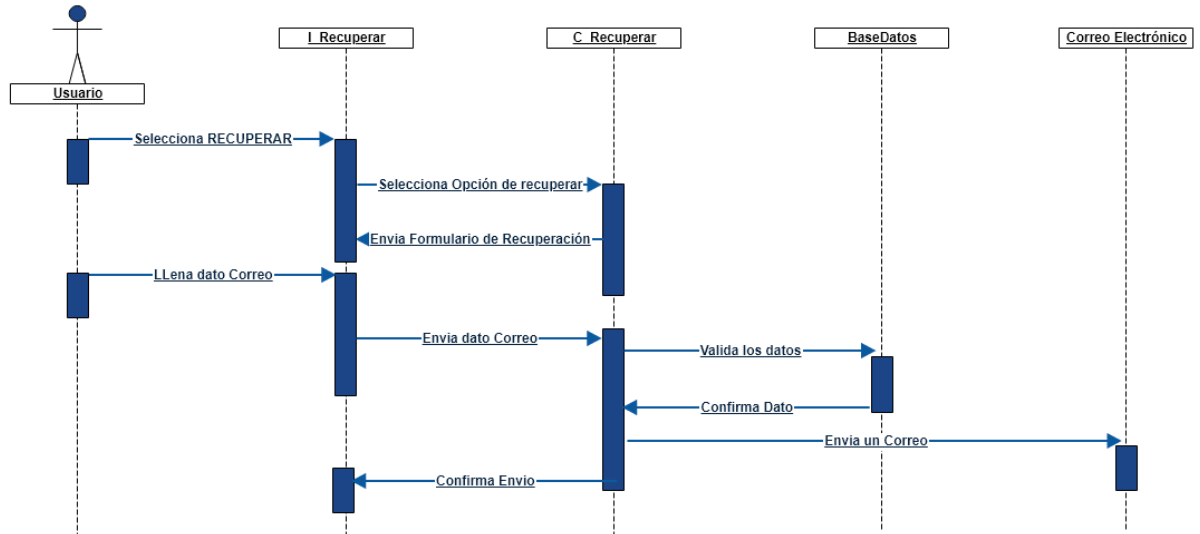
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.13 Diagrama de secuencia CN-03 – Editar usuario



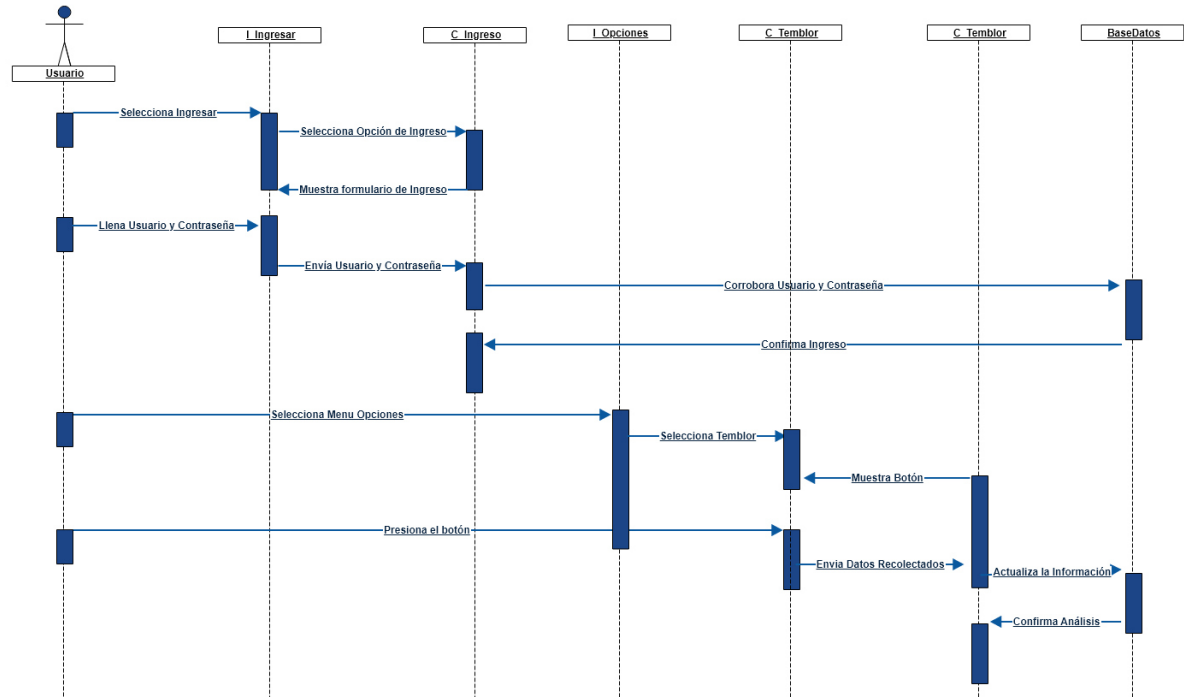
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.14 Diagrama de secuencia CN-04 – Recuperar contraseña



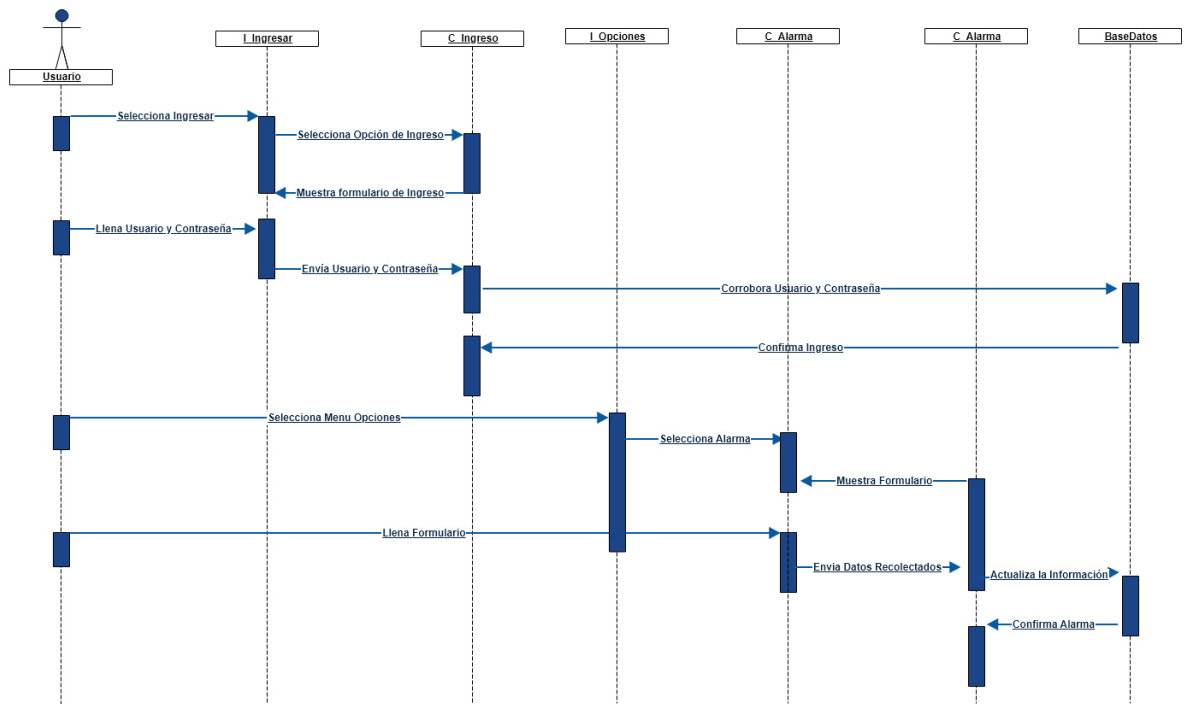
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.15 Diagrama de secuencia CN-05 – Registrar temblor



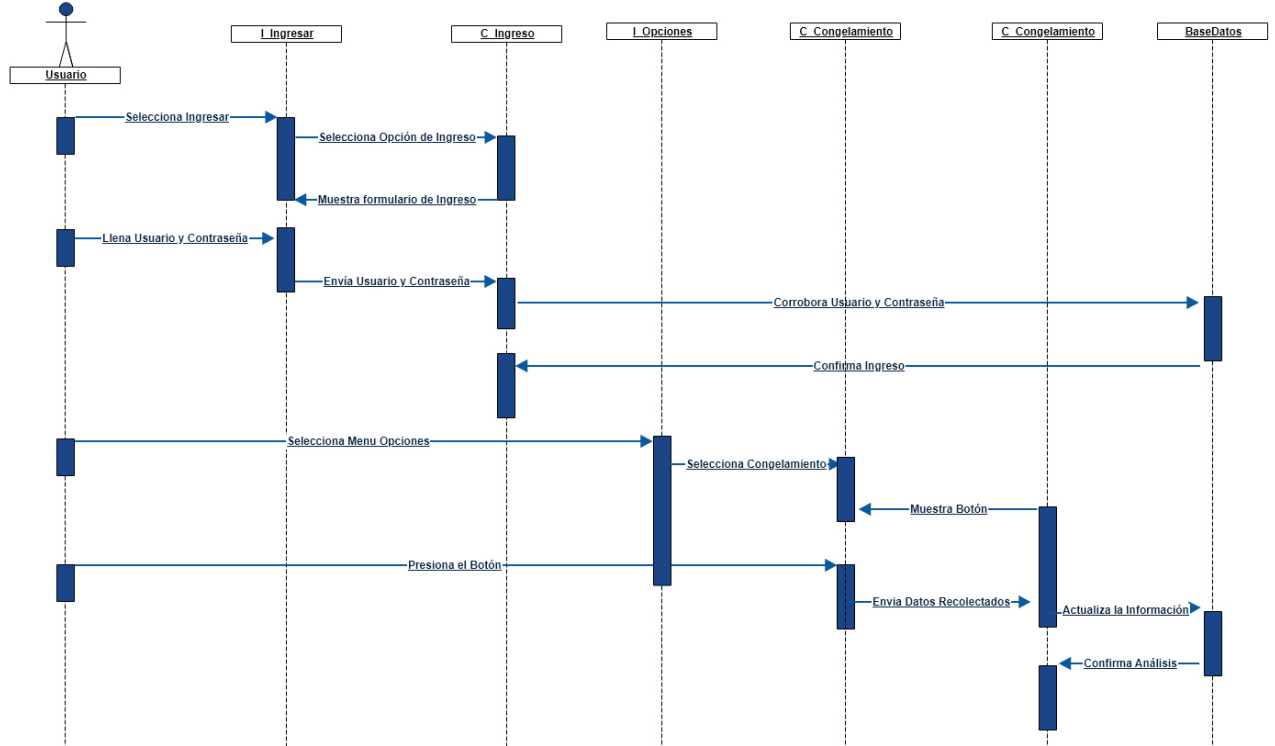
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.16 Diagrama de secuencia CN-06 – Registrar alarma



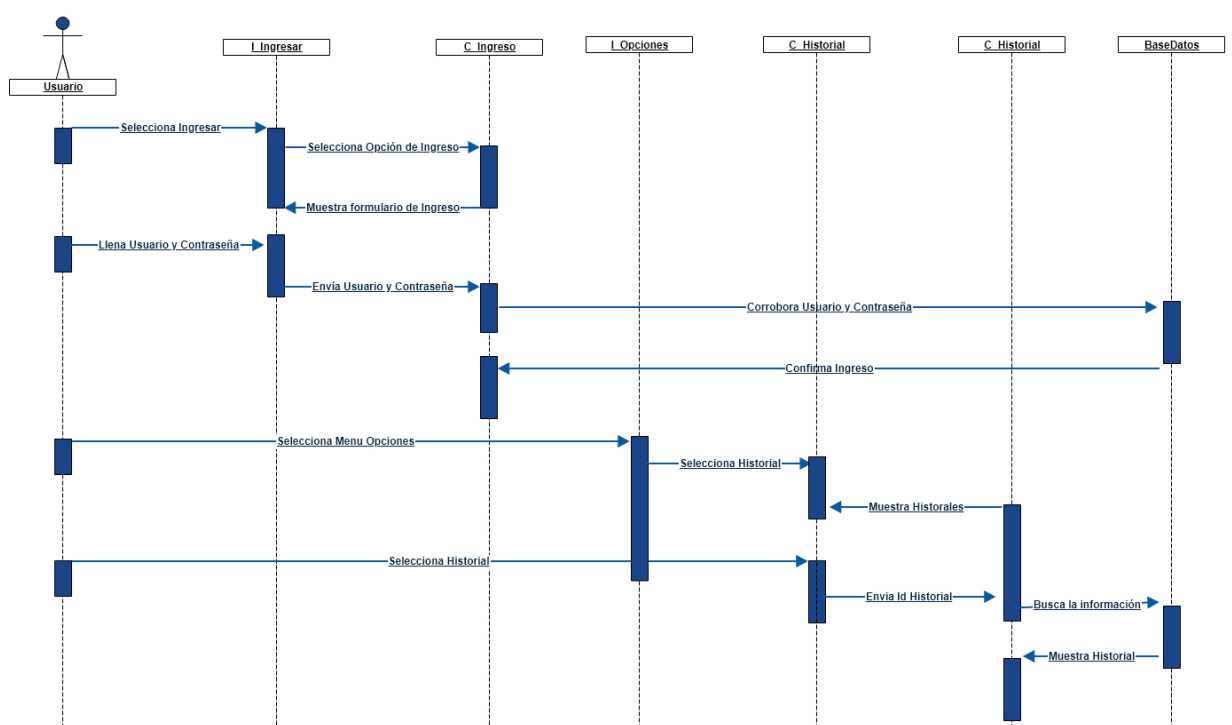
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.17 Diagrama de secuencia CN-07 – Registrar congelamiento



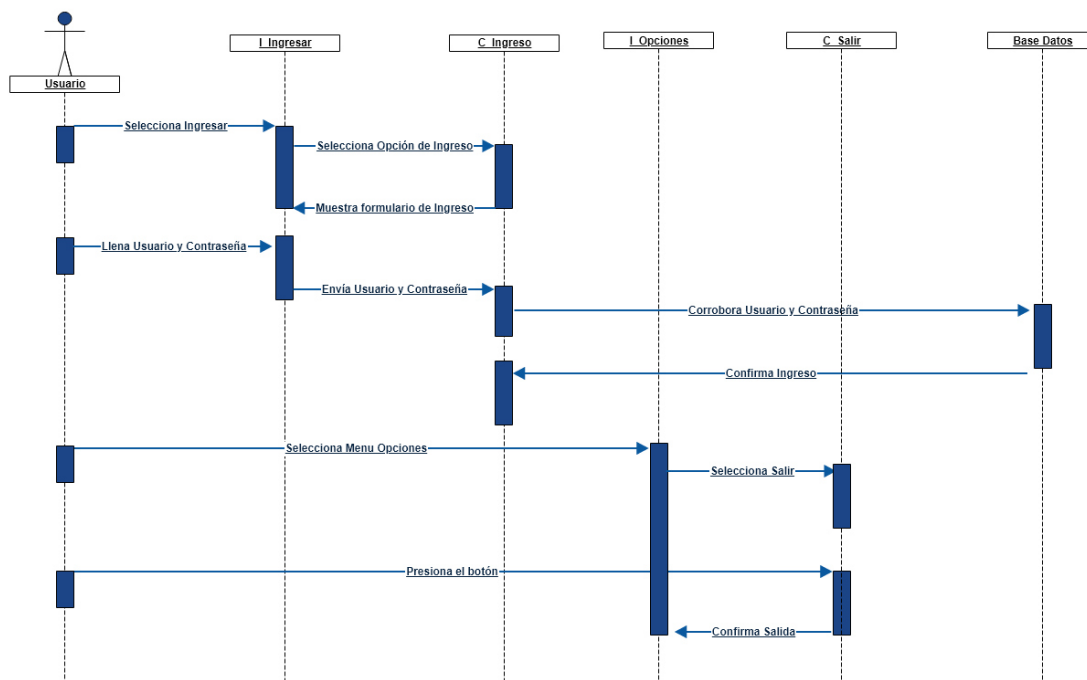
Fuente: Autoría Propia

Figura 4.18 Diagrama de secuencia CN-08 – Ver historial



Fuente: Autoría Propia

Figura 4.19 Diagrama de secuencia CN-09 – Cerrar sesión



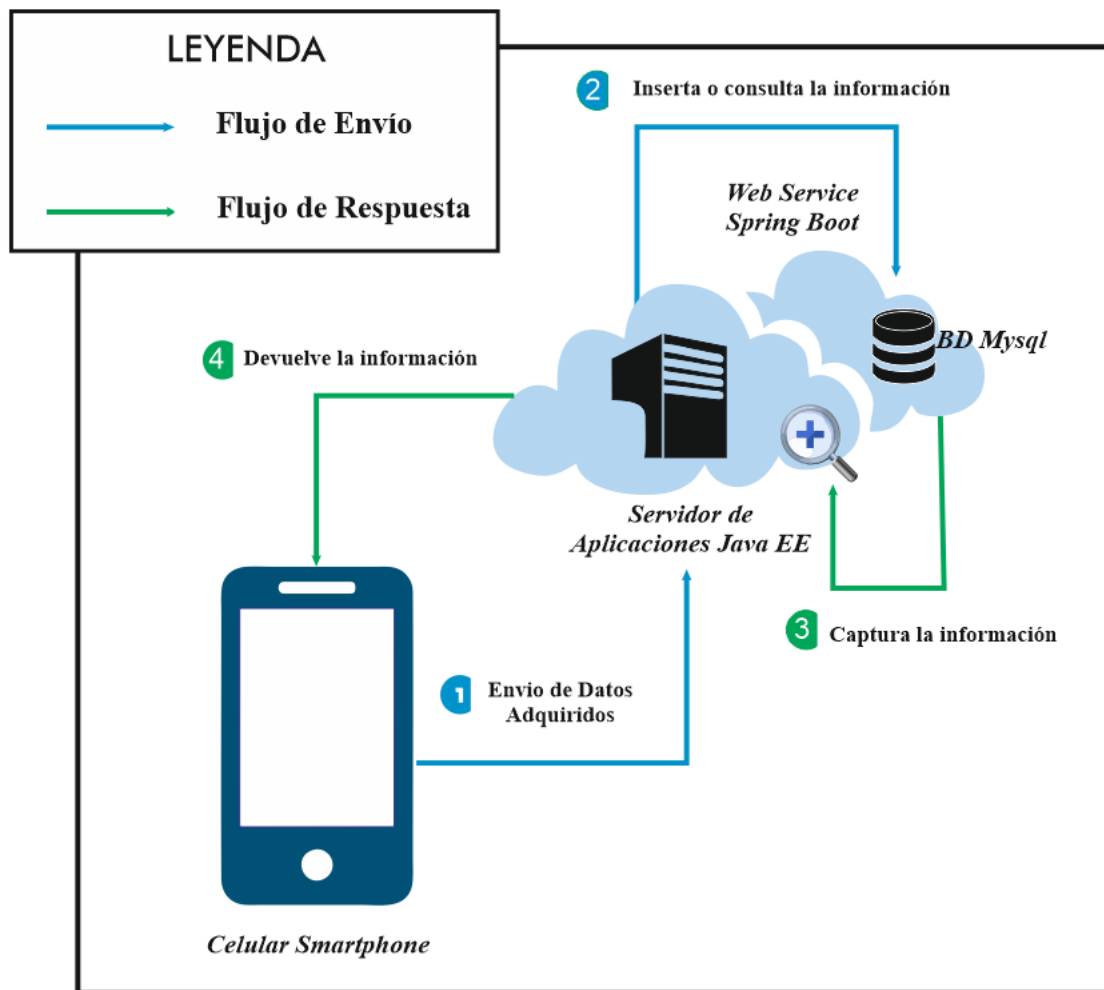
Fuente: Autoría Propia

4.7 Representación Arquitectural

La arquitectura utilizada en este proyecto será de tres capas, las cuales están físicamente distribuidas, trayendo consigo que una capa solo pueda ser vinculada con capas inmediatamente inferiores, consiguiendo la comprensión, simplificación de proyectos complejos. A su vez reduce dependencias existentes, ayudando identificar qué se puede reutilizar, y brindar mejora toma de decisiones sobre que partes construir.

- La primera capa se designa capa de presentación donde está compuesta por una interfaz gráfica de usuario. En nuestro caso será la del Usuario o Dispositivo Móvil.
- La capa intermedia, o capa de empresa, consiste en la aplicación o lógica de empresa. La llamaremos: Servidor de inteligencia artificial
- La tercera capa, la capa de datos, encierra los datos precisos para la app. Donde tendremos un servidor de base de datos.

Figura 4.20 Arquitectura de aplicación móvil de Parkinson Analyzer



Fuente: Autoría Propia

Detalles de las Capas:

- ☑ La capa 1, está desarrollada por un dispositivo móvil con sistema operativo Android de la versión 4 en adelante. Que utiliza los lenguajes de programación Java e Ionic.
- ☑ La capa 2, está compuesto por un servidor de aplicación Java EE, el cual se encuentra la nube. Dentro del JBoss está el Web Services que es el Spring Boot.
- ☑ La capa 3, está desarrollada por el servidor de base de datos MySQL, conectada a través del Spring Boot.

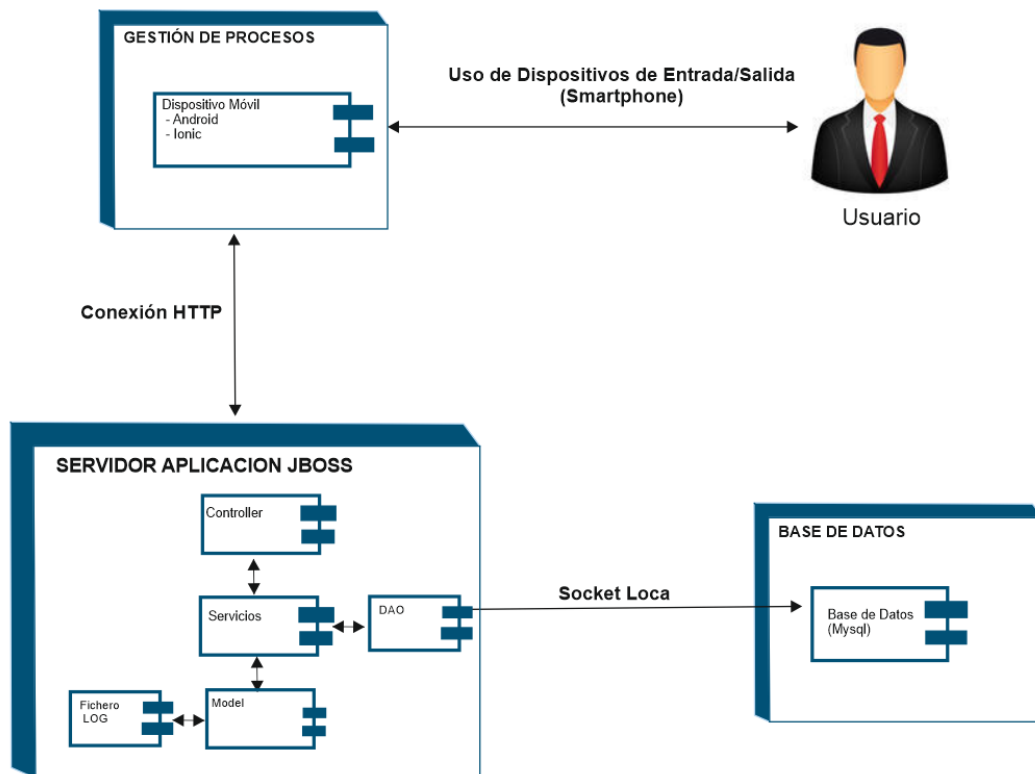
Detalles de base de datos:

- My SQL v5.0
- Está estructurada con las siguientes tablas:
 - ✧ Tabla Persona: se almacena el registro al momento de crear un usuario
 - ✧ Tabla Usuario: se almacena el registro del momento de creación y su avatar.
 - ✧ Tabla Rol: se almacena los roles que tienen la aplicación.
 - ✧ Tabla Ubicación: se almacena la ubicación de la persona.
 - ✧ Tabla Medicamento: se almacena las diferentes variedades de medicamentos que la persona consume.
 - ✧ Tabla Alarma: se almacena el horario que la alarma debe contener.
 - ✧ Tabla Reporte: se almacena los reportes de los análisis.
 - ✧ Tabla Parkinson: se almacena los resultados del temblor de Parkinson como las predicciones.
 - ✧ Tabla Congelamiento: se almacena los resultados del estado de congelamiento.

4.8 Vista De Despliegue

Esta vista nos proporciona una visión de cómo estarán organizados nuestros archivos físicos en componentes.

Figura 4.21 Vista de Despliegue Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer



Fuente: Autoría Propia

4.9 Tamaño Y Rendimiento

La app móvil fue desarrollada para que cada usuario disponga de una sesión única, luego de ser registrado por correo electrónico, y demandando de acuerdo a los usuarios ingresados o al uso de las cuentas una cantidad de espacio considerable. Por ello es necesario una base de datos dedicada y un espejo para separar a los que realizan operación y los que solo solicitan datos. En cuanto al rendimiento del sistema, el servidor de base de datos no debe de ser virtualizado.

4.10 Calidad

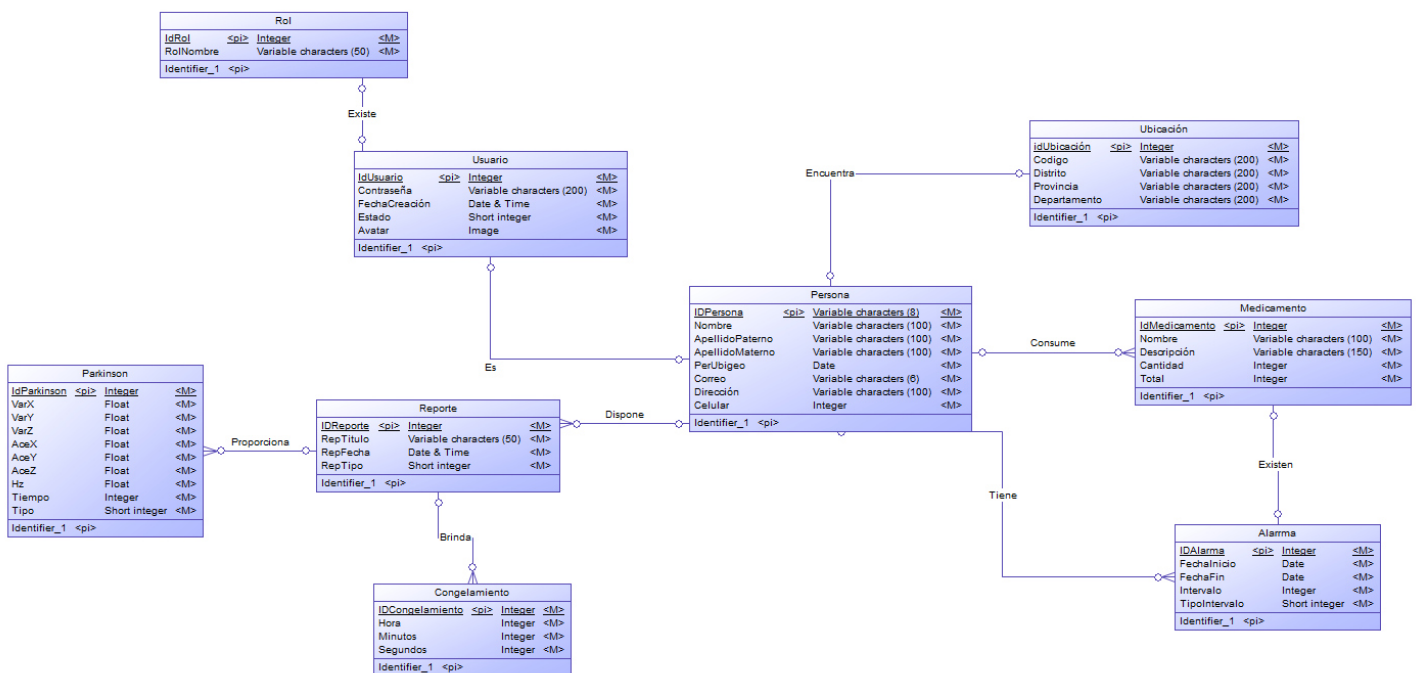
Independientemente de que plataforma la app móvil sea utilice su arquitectura fue elaborada para ser independiente, permitiendo la posibilidad de ser portable, cabe resaltar que la implementación fue desarrollada en capas, de manera que las capas superficiales no afectan a la lógica. Permitiendo la comunicación directamente de cada capa que se encuentren vinculadas por debajo de ellas, no existiendo brincos de accesos entre capas manteniendo la eficiente comunicación y dinamismo entre ellas.

4.11 Modelos

En la elaboración de este proyecto se utilizarán diferentes clases de modelos para un mejor entendimiento de la estructura de la aplicación móvil que son los siguientes:

4.11.1 Modelo Entidad - Relación

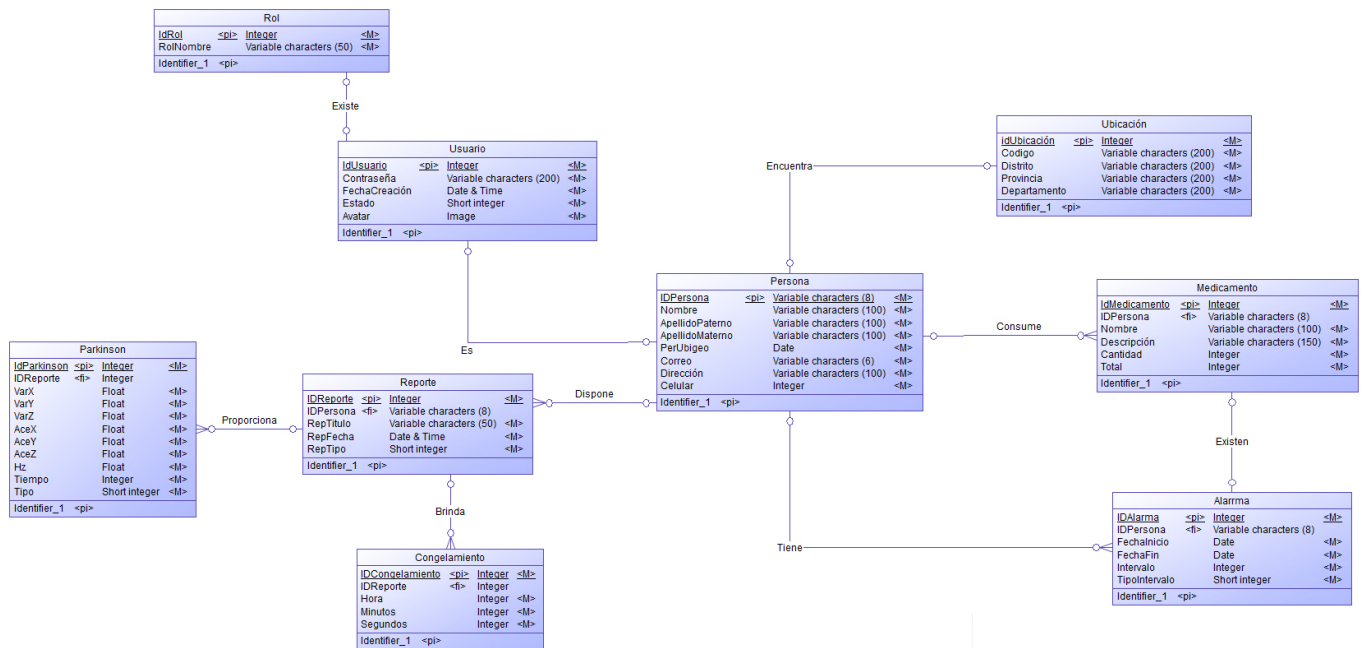
Figura 4.22 Modelo Entidad - Relación de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer



Fuente: Autoría Propia

4.11.2 Modelo Lógico

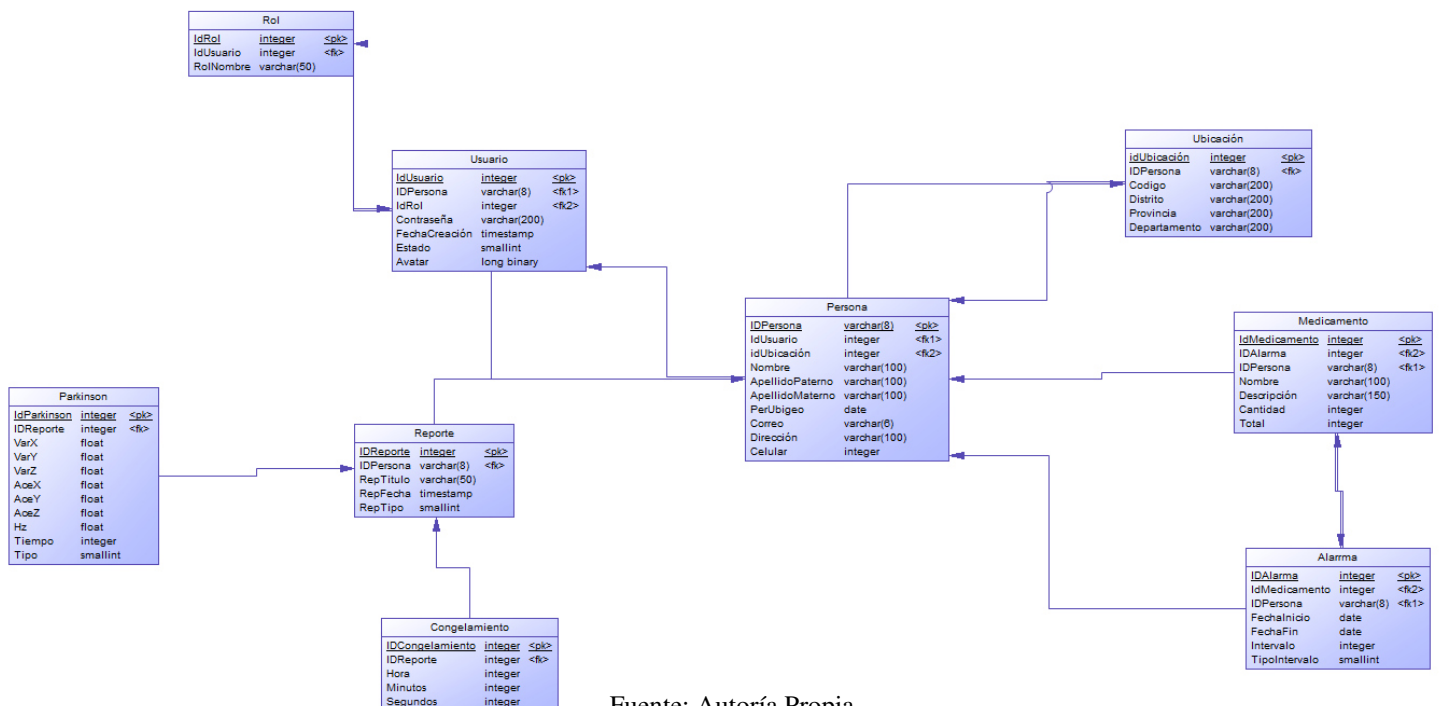
Figura 4.23 Modelo Lógico de la Aplicación Móvil STRAC



Fuente: Autoría Propia

4.11.3 Modelo Físico

Figura 4.24 Modelo Físico de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer



Fuente: Autoría Propia

4.12 Análisis Económico

Aquí se realizará el análisis económico de los materiales o servicios usados para usados para la implementación de la App Parkinson Analyzer.

4.12.1 Presupuesto Del Hardware Utilizado

Los dispositivos móviles no cuentan en el mercado actual con un precio fijo, es muy variable de acuerdo a las especificaciones o características internas que puedan contener independientemente de la marca o modelo; el desarrollo del proyecto es necesario contar con las características mínimas de tener un su sistema operativo Android, memoria interna de 32GB y 4GB de memoria RAM. Existen teléfonos inteligentes que se pueden adquirir desde los 350 nuevos a más que desempeñan con los requerimientos de funcionamiento, esto difiere de acuerdo a las condiciones económicas de cada usuario.

4.12.2 Presupuesto Del Software Utilizado

Durante el proceso en el desarrollo de la aplicación móvil, los softwares utilizados fueron basados mediante la descarga libre, o bajo la arquitectura de Open Source, se detallan en la Tabla 4.12.2. En algunos softwares de pago, el periodo de utilización no sobrepaso el mes de prueba gratuito.

Tabla 4.15 Presupuesto del Software Utilizado en la Construcción de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer

SOFTWARE	VALOR TOTAL
Visual Studio Code	S/. 0.00
Power Designer	S/. 0.00
CorelDraw X9	S/. 0.00
Gliffy Diagram	S/. 0.00
StarULM	S/. 0.00
MySql Workbeach	S/. 0.00
Androis Studio	S/. 0.00
Total	S/. 0.00

Fuente: Autoría Propia

4.12.3 Presupuesto complementarios

Debido a que nuestra aplicación debe funcionar las 24h los 365 días del año fue necesario adquirir ciertos servicios complementarios, como también poder llegar a subirlo y compartir para su correcta descarga y utilización.

Tabla 4.16 Presupuesto Complementarios Utilizado en la Construcción de la Aplicación Móvil de Parkinson Analyzer

SERVICIOS	VALOR TOTAL
Servidor Virtual Privado	S/. 144.00.
Google Play	S/. 88.75
Total	S/. 232.75

Fuente: Autoría Propia

Características

- Servidor Virtual Privado: Plan de un año con cuales mensuales de S/.12.00 donde: se cuenta con una memoria de 1GB, 1 vCPU, 20 Gb de SSD Disco y un trafico de 1TB.
- Google Play: Se debe registrar con uno como desarrollador y tener un pago único de \$/. 25.00 (dólares estadounidenses).

4.12.4 Análisis Costo Beneficio

“La técnica de Análisis de Costo/Beneficio, su principal propósito es suministrar una medida de rentabilidad de un proyecto, mediante el balance de los costos previstos con las recompensas esperadas en la realización del proyecto.” (Arturo K, 2012, párr.1)

El análisis esta sujeta a la elaboración de una lista de todos los implementos utilizados en el diseño e implementación de la aplicación móvil; considerando que los costos deben ser tangibles, quiere decir que se puedan medir en unidades económicas, que en este caso específico del proyecto son los soles; mientras que las recompensas son definidas de

manera personal ya que estos condescenderán conseguir recompensas para el buen vivir de las personas con la enfermedad de Parkinson.

En la Tabla 4.12.2 se visualiza los costos que involucraron en el desarrollo del proyecto.

Tabla 4.17 Presupuesto Total de la Aplicación Móvil Parkinson Analyzer

DESCRIPCIÓN	VALOR
Costo de los Materiales para la Construcción del Guante	S/. 0.00
Costo del Software Utilizado	S/. 0.00
Costo Complementarios	S/. 232.75
Costo del Dispositivo Móvil Inteligente	S/. 350.00
Total	S/. 582.75

Fuente: Autoría Propia

Como servicios que se obtienen a la culminación de la implementación de la aplicación web tenemos en primera instancia la calidad de vida ya que al poder llevar un control más preciso de la avance de la enfermedad se podrá brindar la dosis correcta de suministración.

En el Capítulo II, se trató sobre el tema de costos tanto directos como indirectos entre medicamentos, consultas, asistencia; se puede ver reflejado gran impacto económico por años y estadio, cifras que realmente son proporcionales al avance de la enfermedad, lo cual nuestra aplicación podría de cierta manera ser un ahorro significativo en el proceso que lleva la enfermedad de una persona ya que al ser auto degenerativa y no contar con una cura real, debemos ser frente que es algo que va acompañar el resto de la vida del paciente.

Además, se podría ampliar la investigación de las personas con Parkinson y proporcionar mejoras al proceso de tratamiento actual. Gracias a que la aplicación desarrollada va ser subida para su descarga y utilización de miles de personas, en cualquier lugar y en cualquier momento, se podrá evaluar fácilmente a los pacientes antes de visitar a un especialista personalmente, trayendo consigo lo que bien se conoce como la telemedicina siendo punto irrefutable para el futuro de la salud, como por ejemplo solo en Chile el

57.8% de los médicos se agrupan en la zona central, exigiendo a ciudadanos de zonas aisladas a movilizarse grandes trayectos para poder ser atendidos (EhCOS, s.f.).

En situaciones actuales globales de épocas de pandemia y sistemas de salud colapsados vienen nuevos recursos que son necesario implementarlos ya que los pacientes con Parkinson no van a poder ser atendidos de la misma manera posibles, al ser considerados de alto riesgo. En nuestro país un ejemplo de una aplicación móvil sería MINSA-SD ofreciendo una cartera de servicios como el teletriaje, la teleorientación y el telemonitoreo (Andina, 2020).

CAPÍTULO V: INGENIERIA DEL ARTEFACTO

En este capítulo se desarrollan aspectos utilizables de la app y se logran concretar mediante modelos de diagramas y los artefactos SCRUM, las cuales cuentan con consideraciones técnicas y tecnología (Plataforma) solicitadas para el diseño, integración e implementación de la aplicación móvil, software que fue bautizado con el nombre de Parkinson Analyzer. El software accederá el registro de los parámetros de las frecuencias en Hz, congelamiento, alarma y predicción del movimiento de las personas con Parkinson.

5.1 Metodología para la implementación

Hoy en día las buenas prácticas para laborar en un grupo multidisciplinario y obtener la eficiencia de los resultados posibles en los proyectos es gracias a que se aplica de manera regular la metodología SCRUM. Dichas prácticas tienen un origen de estudio en la forma de trabajar de los equipos teniendo resultados altamente fructíferos.

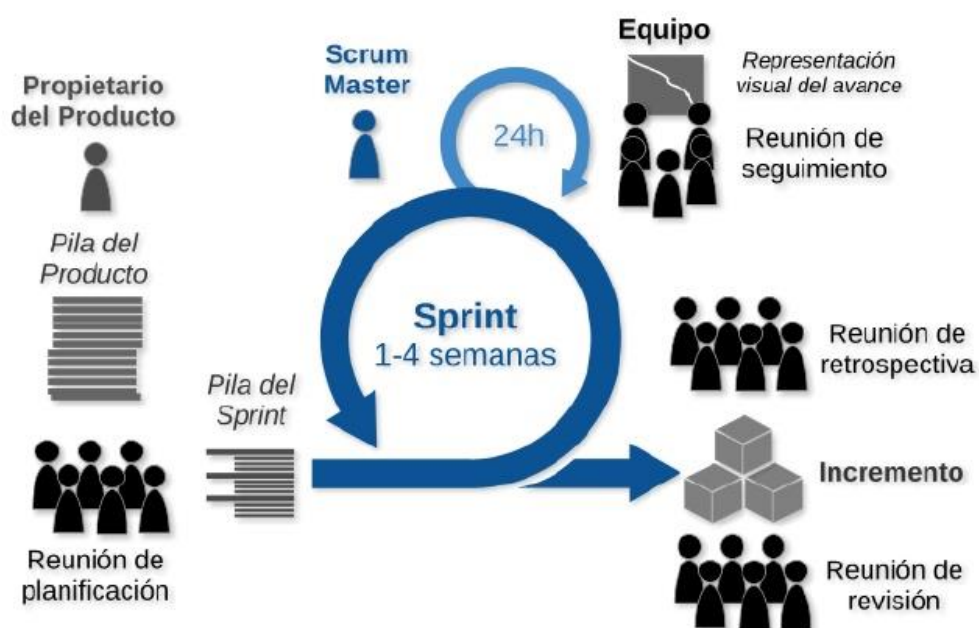
En Scrum se efectúan entregables parciales y regulares del proyecto final que es la App Parkinson Analyzer anticipando las ventajas o beneficios que brindará al receptor final del proyecto. Viendo su potencial en proyectos complejos, donde se alcanzar resultados

pronto, también en que los requisitos sean dinámicos, donde la flexibilidad, la competitividad, e innovación son esenciales. (Djandrw, 2019)

Consta de las correspondientes fases:

- Planificación de la iteración
- Ejecución de la iteración
- Inspección y adaptación

Figura 5.1 Esquema general de Metodología SCRUM



Fuente: <https://es.slideshare.net/sayazyi/una-experiencia-prctica-de-scrum-a-travs-del-aprendizaje-basado-en-proyectos-mediado-por-tic-en-un-equipo-distribuido>

Tabla 5.1 Planificación de Actividades

PLANIFICACIÓN	ACTIVIDAD	FECHA
Sprint 1	Requerimientos del Sistema	17/12/2019
Sprint 1	Diagrama Lógico (BD)	24/01/2020
Sprint 1	Diagrama Físico (BD)	05/02/2020
Sprint 2	Diseño de Mockups	15/03/2020
Sprint 2	Diseñar de Interfaz para el módulo temblor parkinsoniano	17/04/2020
Sprint 3	Diseñar de Interfaz para la alarma	13/05/2020
Sprint 3	Diseñar de Interfaz para el congelamiento	22/06/2020
Sprint 3	Integrar Componentes del Sistema	01/07/2020
Sprint 4	Entrenamiento del algoritmo	25/08/2020
Sprint 4	Prueba de sistema	09/09/2020

El desarrollo de los sprint se ha ido desarrollando al largo del siguiente capítulo, en este detallamos las interacciones del sistema. Las interacciones del sistema se presentan por módulos, los cuales son:

- ✘ Módulo del temblor de Parkinson
- ✘ Módulo de la alarma
- ✘ Módulo del congelamiento

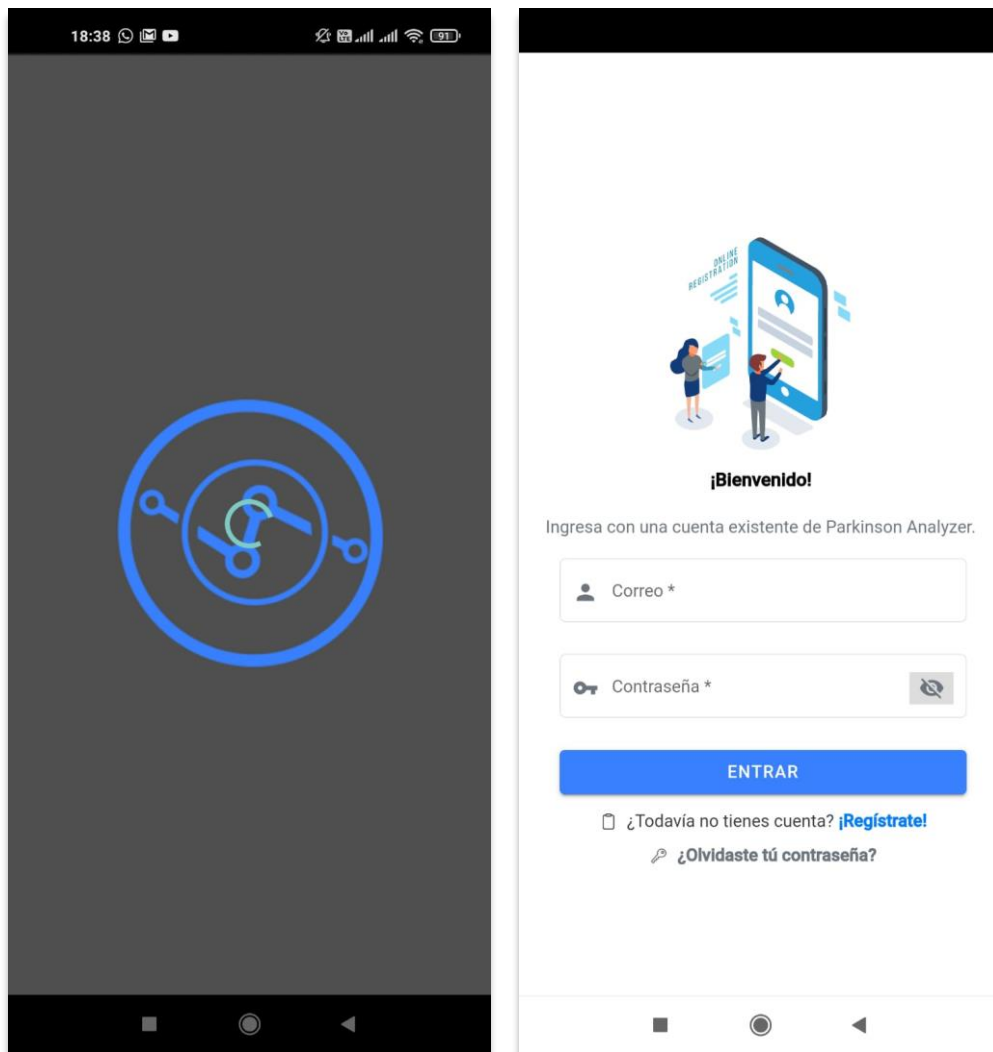
5.2 Diseño de las Interfaces

El diseño de las interfaces se refiere a la forma en la que será presentada la aplicación al usuario final, para esto se siguió la metodología envuelve métodos de usabilidad (satisfacción, eficiencia y eficacia) y técnicas para el Design UI de usuario (estética y apreciación).

5.2.1 Interfaz de Inicio

Interfaz de inicio donde se aprecia el logotipo de la aplicación, donde el usuario podrá colocar su correo y contraseña para la correcta validación de datos para luego proceder a utilizar los módulos de la app móvil.

Figura 5.2 Interfaz de Inicio de la Aplicación Parkinson Analyzer.



Fuente: Autoría Propia

5.2.2 Interfaz de Registro de Usuario

En esta interacción se muestra el registro de los usuarios al poder crear un nuevo usuario. En donde se le pedirá los siguientes datos: Nombres, Apellidos, Número de Celular, Ciudad, Fecha de Nacimiento, Correo Electrónico y contraseña.

Figura 5.3 Interfaz de Registro de Usuario a la Aplicación Parkinson Analyzer

Registro

¡Vamos a comenzar!

Crea una cuenta en Parkinson Analyzer para poder usar todas las funcionalidades.

DNI *

Nombres *

Apellido paterno *

Apellido materno *

Número de teléfono *

Fecha de nacimiento *

Ciudad *

REGISTRAR

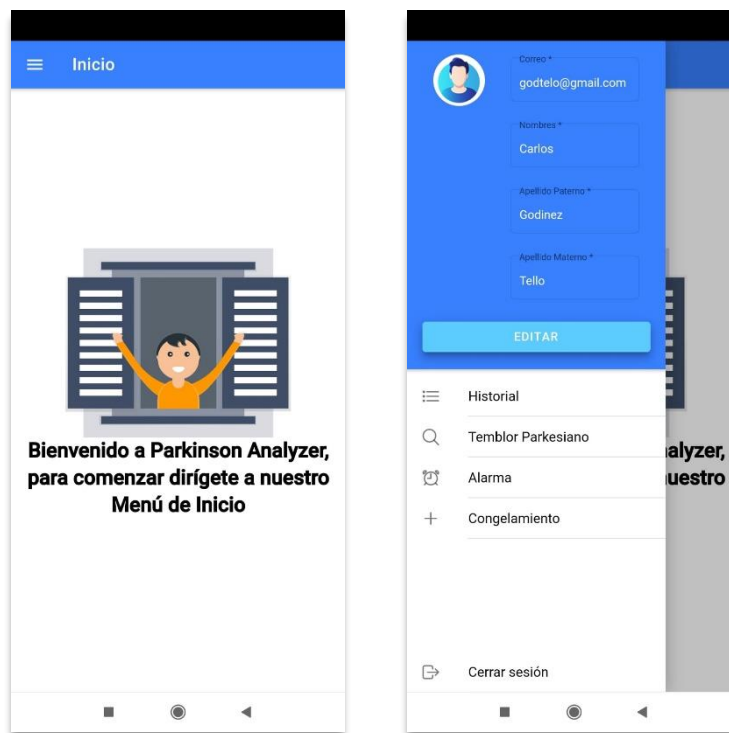
¿Ya tienes una cuenta? [Ingresar aquí](#)

Fuente: Autoría Propia

5.2.3 Interfaz de Opciones.

En esta interfaz se puede apreciar en la pantalla principal de la aplicación como su bienvenida del mismo, una vez dentro podrás dirigirte al menú de opciones y podrás visualizar las diferentes herramientas que brinda así mismo poder editar algunos datos del ya registrado paciente.

Figura 5.4 Interfaz de Opciones a la Aplicación Parkinson Analyzer



Fuente: Autoría Propia

Dentro del Menú de Opciones tenemos 4 opciones:

- **Historial**

Donde se podrá visualizar los resultados de los análisis realizados, así mismo poder compartirlo vía correo electrónico.

- **Temblor Parkinsoniano**

Aquí podremos realizar el análisis del temblor de los pacientes así mismo poder predecir cómo va ir evolucionando el movimiento en el tiempo

- **Alarma**

Podrá ser útil para poder llevar un registro y recordatorio de las pastillas que serán ingeridas por el paciente

- **Congelamiento**

En ella podremos contar con un cronometro que nos permitirá medir el tiempo que la persona se encuentra en estado de congelamiento-

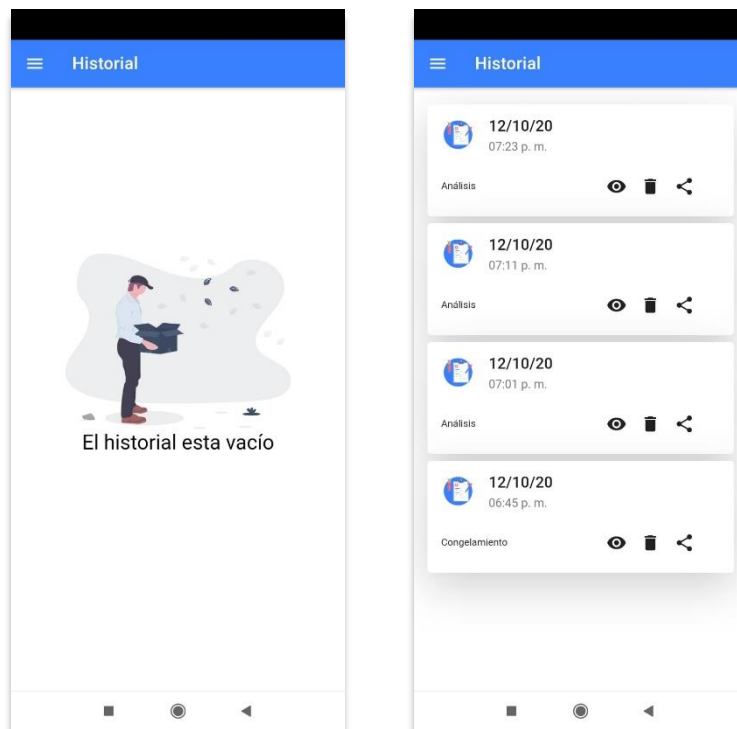
- **Cerrar Sesión**

Donde podremos cerrar nuestro login para uso de seguridad.

5.2.4 Interfaz de Historial.

En esta interfaz se puede apreciar los resultados de las pruebas que se desarrollan pudiendo poder visualizar la fecha de la evaluación, hora y opciones propias del módulo de historial.

Figura 5.5 Interfaz de Opciones a la Aplicación Parkinson Analyzer



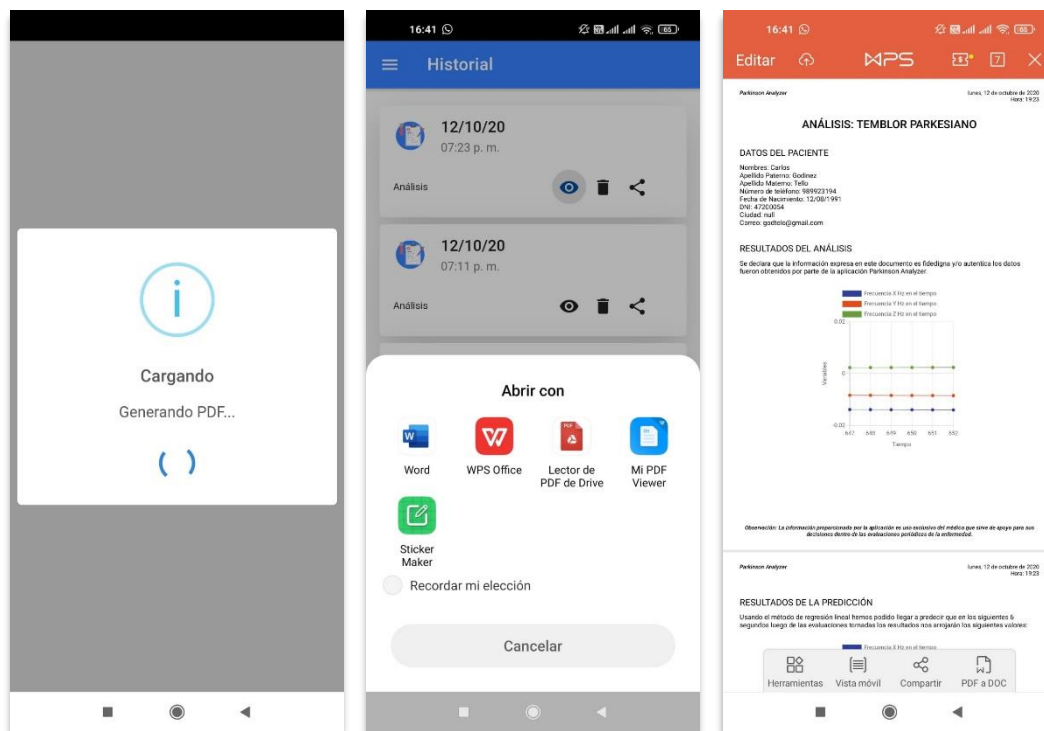
Fuente: Autoría Propia

Dentro del Historial tenemos 3 opciones:

5.2.4.1 Visualizar

Donde se podrá visualizar en formato PDF, los resultados de los análisis desarrollados tanto del movimiento de Parkinson como de congelamiento.

Figura 5.6 Interfaz de Visualización del Historial

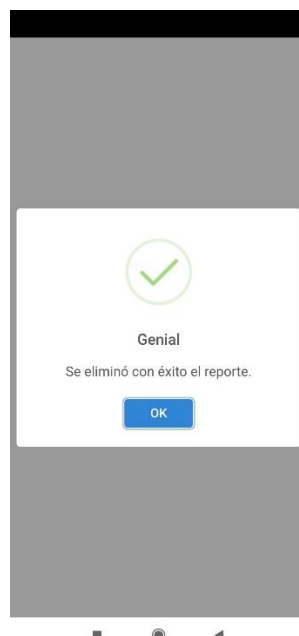


Fuente: Autoría Propia

5.2.4.2 Eliminar

Aquí podemos eliminar el examen que ya no utilices o no requiramos.

Figura 5.7 Interfaz de Confirmación de la eliminación de un Historial

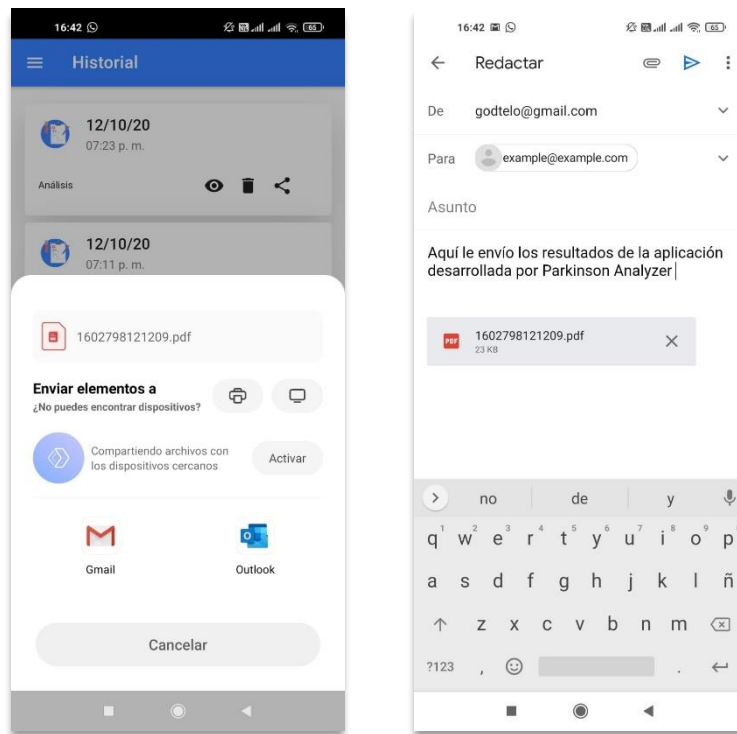


Fuente: Autoría Propia

5.2.4.3 Compartir

Dentro de esta opción podremos compartir nuestro resultado vía correo electrónico a quien lo requiera.

Figura 5.8 Interfaz de Compartir de Historial

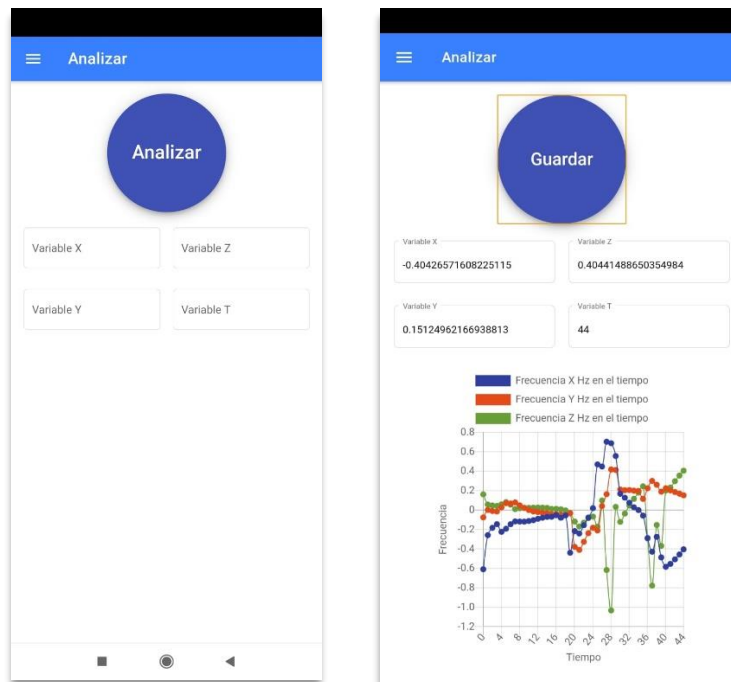


Fuente: Autoría Propia

5.2.5 Interfaz de Temblor Parkinsoniano.

En esta interfaz se puede un botón para iniciar el Análisis; la aplicación va ser capaz de adquirir los datos de los 3 ejes correspondientes en el tiempo que se esté activada la evaluación. Los tres ejes tendrán un color y el resultado en Hz irá apareciendo ni bien la aplicación se esté ejecutando, al mismo tiempo podremos visualizar como el gráfico va armándose y tomando forma dentro del análisis.

Figura 5.9 Interfaz de Temblor Parkinsoniano



Fuente: Autoría Propia

5.2.5.1 Procesamiento de Datos

Se procederá a procesar los datos del análisis con la función desarrollada en donde las variables de los datos van a ser capturados gracias al giroscopio y utilizando la Transformada de Fourier Discreta inversa va a poder convertir dichos valores de los ángulos X, Y, Z del celular a Hz, valores que son necesarios para poder dar un diagnostico al avance de la enfermedad.

```
ngOnInit(): void {
  let frecuenciaX: number;
  let frecuenciaY: number;
  let frecuenciaZ: number;
  this.subscripcionGiroscopio = this.observadorGiroscopio.subscribe(
    (orientation: GyroscopeOrientation) => {
      if (this.observadorEstadistica) {
        this.analisisActual = new Estadistica();
        this.dataXEntradaDFT.push(orientation.x);
        this.dataYEntradaDFT.push(orientation.y);
        this.dataZEntradaDFT.push(orientation.z);
        frecuenciaX = dft(this.dataXEntradaDFT)[this.tiempo].re;
        frecuenciaY = dft(this.dataYEntradaDFT)[this.tiempo].re;
        frecuenciaZ = dft(this.dataZEntradaDFT)[this.tiempo].re;
        this.dataX.push(frecuenciaX);
```

```

        this.dataY.push(frecuenciaY);
        this.dataZ.push(frecuenciaZ);
        this.data.push([frecuenciaX, frecuenciaY, frecuenciaZ, this.tiempo]);
        this.analisisActual.varX = frecuenciaX;
        this.analisisActual.varY = frecuenciaY;
        this.analisisActual.varZ = frecuenciaZ;
        this.analisisActual.tiempo = this.tiempo;
        this.analisisActual.tipo = 1;
        this.estadisticas.push(this.analisisActual);
        this.tiempoLabel.push(this.tiempo);
        this.tiempo++;
        this.observadorChart.next(1);
    }
}
);
}

```

Una vez adquirido los datos en el tiempo las frecuencias van a vasar a la siguiente función donde se podrá ir armando la gráfica con los datos obtenidos en tiempo real. Cabe precisar que el procesamiento de la velocidad depende mucho de la tecnología existente en el celular.

```

createBarChart() {
    this.observadorChart.subscribe(async response => {
        if (response === 1) {
            this.observadorChart.next(0);
            this.lineChart.update();
        } else if (response === 2) {
            this.observadorChart.next(0);
            this.lineChart.destroy();
        } else if (response === 3) {
            this.observadorChart.next(0);
            this.lineChart = new Chart(this.analisisChart.nativeElement, {
                type: 'line',
                data: {
                    labels: this.tiempoLabel,
                    datasets: [
                        {
                            label: 'Frecuencia X Hz en el tiempo',
                            data: this.dataX,
                            backgroundColor: 'rgb(48, 63, 159)',
                            borderColor: 'rgb(48, 63, 159)',
                            borderWidth: 1,
                            fill: false
                        },
                        {
                            label: 'Frecuencia Y Hz en el tiempo',

```



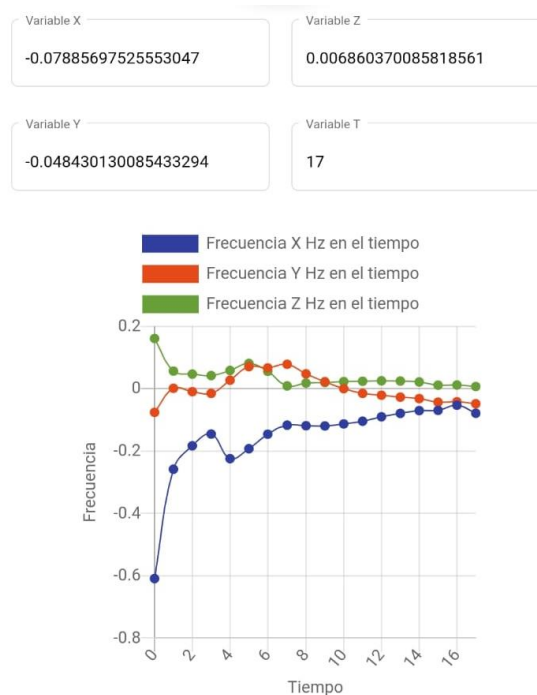
```

        data: this.dataY,
        backgroundColor: 'rgb(230, 74, 25)',
        borderColor: 'rgb(230, 74, 25)',
        borderWidth: 1,
        fill: false
    },
    {
        label: 'Frecuencia Z Hz en el tiempo',
        data: this.dataZ,
        backgroundColor: 'rgb(104, 159, 56)',
        borderColor: 'rgb(104, 159, 56)',
        borderWidth: 1,
        fill: false
    }
]
},

```

Las variables X, Y, Z en el tiempo van a ir cambiando y la figura va ir mostrando los puntos colindantes de la misma.

Figura 5.10 Captura de la aplicación móvil en ejecución



Fuente: Autoría Propia

5.2.5.2 Predicción uso de Regresión Lineal

La predicción está construida por la función “LinearRegresión” en donde podemos ver los datos adquiridos de la aplicación móvil se almacenan en un array de entrada dando por consiguiente un array de salida donde se pronosticará los 6 resultados siguientes.

```
async linearRegresion() {
  try {
    const totalDeSegundosAPredecir = 6;
    let entradaSubX: number[] = [];
    let entradaSubY: number[] = [];
    const entradaX: number[][] = [];
    const entradaY: number[][] = [];
    this.salidaTiempo = [];
    this.salidaX = [];
    this.salidaY = [];
    this.salidaZ = [];

    if (this.lineChartPredictivo != null) {
      this.lineChartPredictivo.destroy();
    }

    for (const x of this.tiempoLabel) {
      entradaSubX = [];
      entradaSubX.push(x);
      entradaX.push(entradaSubX);
    }
    for (let i = 0; i < this.dataX.length; i++) {
      entradaSubY = [];
      entradaSubY.push(this.dataX[i]);
      entradaSubY.push(this.dataY[i]);
      entradaSubY.push(this.dataZ[i]);
      entradaY.push(entradaSubY);
    }

    const mlr = new MLR(entradaX, entradaY);

    for (let i = this.tiempoLabel[this.tiempoLabel.length - 1] + 1; i < this.tiempoLabel.length
+ totalDeSegundosAPredecir; i++) {
      // console.log(i);
      const prediccion = mlr.predict([i]);
      const estadisticaPredictiva = new Estadistica();
      // console.log(prediccion);
      this.salidaTiempo.push(i);
      this.salidaX.push(prediccion[0]);
      this.salidaY.push(prediccion[1]);
      this.salidaZ.push(prediccion[2]);
      estadisticaPredictiva.tiempo = i;
      estadisticaPredictiva.varX = prediccion[0];
    }
  }
}
```

```

estadisticaPredictiva.varY = prediccion[1];
estadisticaPredictiva.varZ = prediccion[2];
estadisticaPredictiva.tipo = 2;
this.estadisticas.push(estadisticaPredictiva);
}

```

Así mismo estos valores van a estar representados en otro gráfico donde estará las predicciones.

```

this.lineChartPredictivo = new Chart(this.prediccionChart.nativeElement, {
  type: 'line',
  data: {
    labels: this.salidaTiempo,
    datasets: [
      {
        label: 'Frecuencia X Hzen el tiempo',
        data: this.salidaX,
        backgroundColor: 'rgb(48, 63, 159)',
        borderColor: 'rgb(48, 63, 159)',
        borderWidth: 1,
        fill: false
      },
      {
        label: 'Frecuencia Y Hz en el tiempo',
        data: this.salidaY,
        backgroundColor: 'rgb(230, 74, 25)',
        borderColor: 'rgb(230, 74, 25)',
        borderWidth: 1,
        fill: false
      },
      {
        label: 'Frecuencia Z Hz en el tiempo',
        data: this.salidaZ,
        backgroundColor: 'rgb(104, 159, 56)',
        borderColor: 'rgb(104, 159, 56)',
        borderWidth: 1,
        fill: false
      }
    ]
  }
},

```

Estos resultados serán trasladados y generando un archivo en formato PDF para que pueda ser almacenado en el Historial.

```

async procesoGuardarPDF() {
  const fecha = moment().format('YYYY-MM-DD_HH-mm-ss');
  const fechaHeader1 = moment(fecha, 'YYYY-MM-DD_HH-mm-ss', 'es').format('dddd, DD [de] MMMM [de] YYYY');
  const fechaHeader2 = moment(fecha, 'YYYY-MM-DD_HH-mm-ss', 'es').format('[Hora:] kk:mm');

```

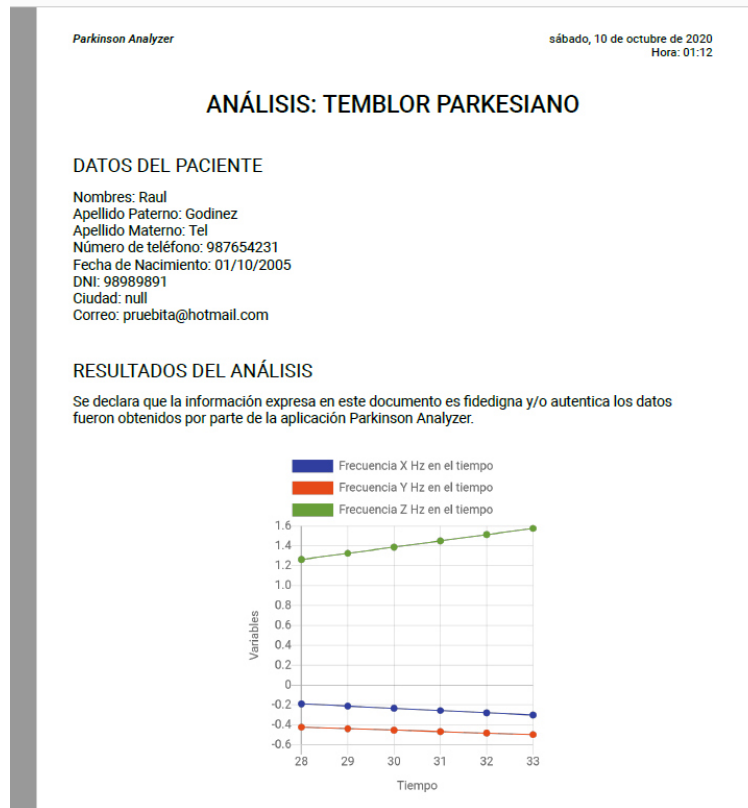
```

const nombreDelDocumento = 'temblor_' + fecha + '.pdf';
const documentDefinitions = {
  header: {
    columns: [
      {text: 'Parkinson Analyzer', style: 'documentHeaderLeft'},
      {text: fechaHeader1 + '\n' + fechaHeader2, style: 'documentHeaderRight'}
    ],
    margin: [30, 20, 30, 0]
  },
  footer: {
    stack: [
      {
        text: 'Observación: La información proporcionada por la aplicación es uso exclusivo del mé  
dico que sirve ' +  
        'de apoyo para sus decisiones dentro de las evaluaciones periódicas de la enfermedad.',  
        style: 'documentFooterCenter'
      }
    ],
    margin: [30, 5, 30, 20]
  },
  content: [
    {text: 'ANÁLISIS: TEMBLOR PARKESIANO', fontSize: 20, bold: true, alignment: 'center', margin: [0, 20]},
    {text: 'DATOS DEL PACIENTE', fontSize: 16, margin: [0, 10]},
    {text: 'Nombres: ' + this.authService.usuario.persona.nombre, fontSize: 12},
    {text: 'Apellido Paterno: ' + this.authService.usuario.persona.apPaterno, fontSize: 12},
    {text: 'Apellido Materno: ' + this.authService.usuario.persona.apMaterno, fontSize: 12},
    {text: 'Número de teléfono: ' + this.authService.usuario.persona.telefono, fontSize: 12},
    {text: 'Fecha de Nacimiento: ' + moment(this.authService.usuario.persona.fechaNac).format('D  
D/MM/YYYY'), fontSize: 12},
    {text: 'DNI: ' + this.authService.usuario.persona.dni, fontSize: 12},
    {text: 'Ciudad: ' + this.authService.usuario.persona.ubigeo, fontSize: 12},
    {text: 'Correo: ' + this.authService.usuario.persona.correo, fontSize: 12},
    {text: 'RESULTADOS DEL ANÁLISIS', fontSize: 16, margin: [0, 30, 0, 10]},
    {
      text: 'Se declara que la información expresa en este documento es fidedigna y/o autentica los  
datos fueron obtenidos ' +  
      'por parte de la aplicación Parkinson Analyzer.', fontSize: 12
    },
    {image: this.lineChart.toBase64Image(), width: 250, alignment: 'center', pageBreak: 'after', mar  
gin: [0, 20, 0, 0]},
    {text: 'RESULTADOS DE LA PREDICCIÓN', fontSize: 16, margin: [0, 30, 0, 10]},
    {
      text: 'Usando el método de regresión lineal hemos podido llegar a predecir que en los siguien  
tes 6 segundos luego de las ' +  
      'evaluaciones tomadas los resultados nos arrojarán los siguientes valores:', fontSize: 12
    },
  ],

```

El archivo en PDF estará compuesto de dos hojas; en la primera se podrá visualizar el análisis correspondiente, así mismo los datos del paciente, la hora y fecha de la evaluación como también la gráfica de los resultados.

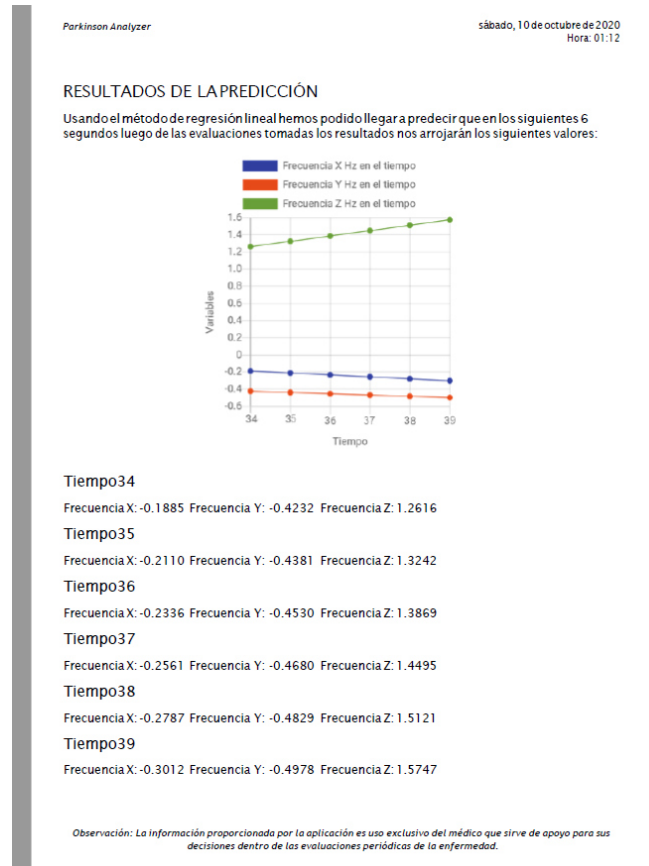
Figura 5.11 Documento en formato PDF resultados del Temblor Parkinsoniano



Fuente: Autoría Propia

En tanto en la segunda parte hoja del archivo podremos visualizar los resultados de la predicción, la gráfica, los valores correspondientes en los ángulos de los próximos 6 segundos.

Figura 5.12 Documento en formato PDF de la predicción del Temblor Parkinsoniano

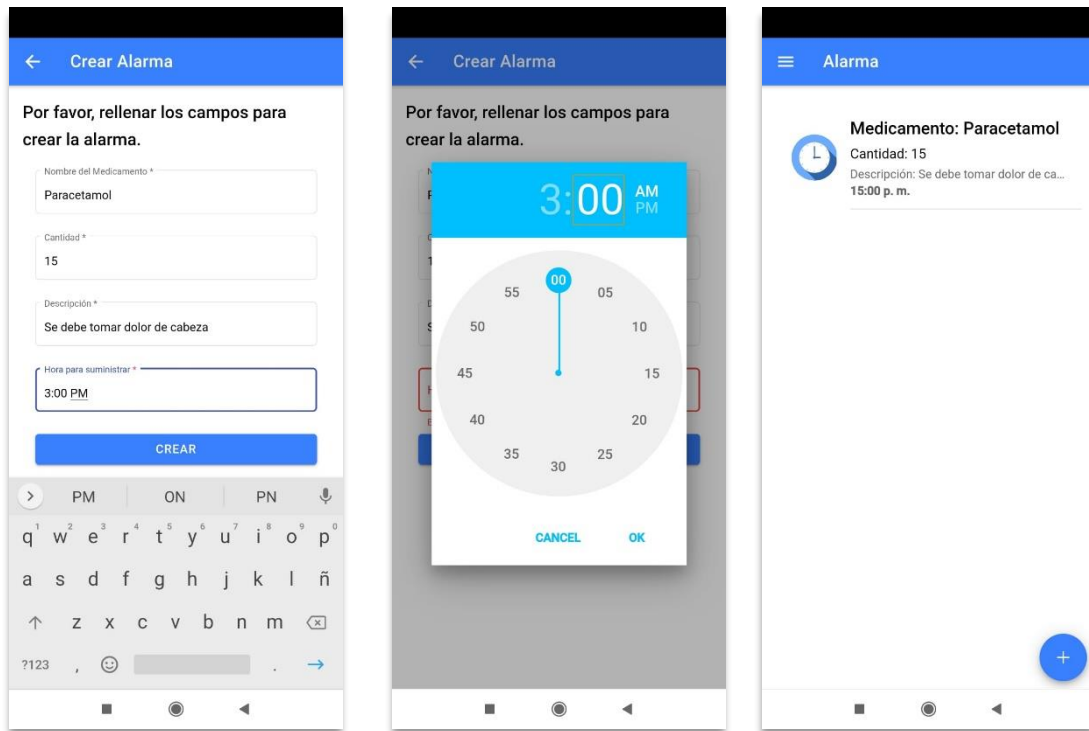


Fuente: Autoría Propia

5.2.6 Interfaz de Alarma.

En este módulo podremos añadir y visualizar las alarmas programadas de los medicamentos para su correcto uso. En ella podemos visualizar que hay una cantidad de medicamento que hayamos comprado y podremos llevar un control de cuantas nos quedan; ya que va disminuyendo la cantidad de medicamentos cada vez que la alarma suena.

Figura 5.13 Interfaz de Compartir de Historial

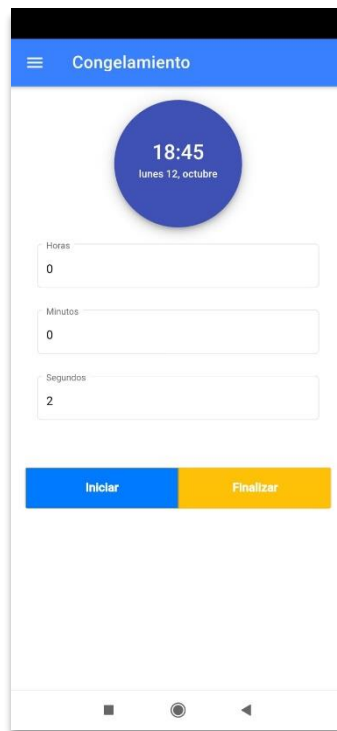


Fuente: Autoría Propia

5.2.7 Interfaz de Congelamiento.

En esta interfaz se puede apreciar un reloj con la fecha y hora exacta, en ella nos permitirá llevar un control del tiempo de congelamiento que la persona se encuentra y no solo eso, podremos guardarlo en el historial para su respectiva evaluación.

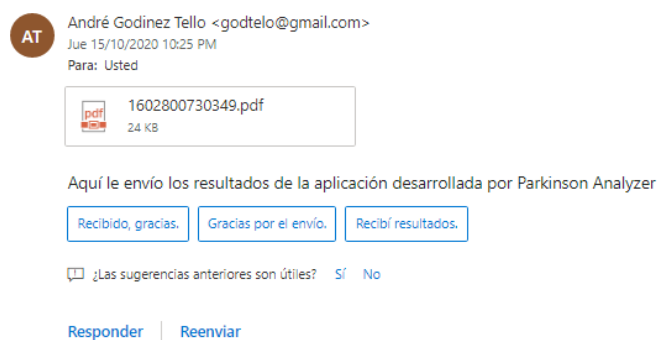
Figura 5.14 Interfaz de Congelamiento



Fuente: Autoría Propia

El módulo de Congelamientos es capaz de guardarse en el Historial y así mismo poder ser compartido vía correo electrónico para su evaluación correspondiente.

Figura 5.15 Correo de Confirmación del envío del Resultado de Congelamiento



Fuente: Outlook

Dentro del archivo podremos visualizar los datos del paciente que fue realizada la prueba, como también los resultados del análisis para su correcta evaluación.

Figura 5.16 Archivo PDF del Análisis de Congelamiento

Parkinson Analyzer sábado, 10 de octubre de 2020
Hora: 01:00

ANÁLISIS: CONGELAMIENTO

DATOS DEL PACIENTE

Nombres: Raul
Apellido Paterno: Godínez
Apellido Materno: Tel
Número de teléfono: 987654231
Fecha de Nacimiento: 01/10/2005
DNI: 98989891
Ciudad: null
Correo: pruebita@hotmail.com

RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Se declara que la información expresa en este documento es fidedigna y/o autentica los datos fueron obtenidos por parte de la aplicación Parkinson Analyzer.

- Cantidad de Horas en congelamiento: 0
- Cantidad de Minutos en congelamiento: 0
- Cantidad de Segundos en congelamiento: 3

Fuente: Autoría Propia

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y TRABAJOS FUTUROS.

6.1 Conclusiones

En el presente estudio se pueden agrupar en 2 grandes módulos para su desarrollo: aplicación móvil y Machine Learning. Se identificaron y seleccionaron 11 tesis o artículos en los que se obtiene las siguientes conclusiones.

CQ1: El desarrollo de esta aplicación móvil constituye una herramienta de apoyo a las personas con Parkinson ya que nos permite llevar un control de los análisis del temblor Parkinsoniano como también colaborar con el doctor para llevar un control clínico preciso del paciente.

CQ2: Se logro comparar, describir y analizar mejor la problemática existente con las personas que tienen la enfermedad de Parkinson.

CQ3: Se logro desarrollar el Benchmarking y poder saber con exactitud las limitantes existentes, como también la mejor manera de poder diseñar, planificar y desarrollar la aplicación móvil.

CQ4: Se desarrolló la interfaz mediante técnicas asociadas al diseño responsive, otorgando así la dispersión de la aplicación en dispositivos móviles con disimiles tamaños de pantalla, para facilitar el uso por parte de los beneficiarios.

CQ5: La aplicación logro seguir los estándares de UI Design, con el uso de los colores, imágenes, tipografía, estableciendo una experiencia e interfaz amigable para el usuario.

CQ6: Contar con tecnología adecuada y utilizarla con el fin de resguardar las necesidades que tienen las personas con la enfermedad de Parkinson teniendo como principal indicador optimizar la calidad de vida del paciente.

CQ7: La aplicación consta de tres niveles para mayor rapidez en la respuesta, de los cuales dos de ellos, tanto la base de datos y el servidor de la aplicación se encuentran alojados en la nube; ya que si fueran puestos en funcionamiento en el dispositivo móvil su tiempo de respuesta y procesamiento aumentarían.

CQ8: Se logro desarrollar el análisis completo para su correcto uso e implementación de la aplicación con Machine Learning.

CQ9: Se logro desarrollar el manual de usuario para el correcto uso de la aplicación móvil que será entregado en el Anexo.

6.2 Limitaciones

L1. Una de las Limitaciones más considerables para la presente investigación fue el tiempo ya que la complejidad mismo del proyecto.

L2. El costo de la aplicación para su desarrollo si bien es cierto no es mucho, pero mantenerlo de manera gratuita traerá ciertas limitaciones porque se tiene que pagar un servidor cada año para el funcionamiento del mismo.

L3. La integración de los módulos demandaba una gran experiencia y capacitación de los mismos para hacer que funcionen según lo previsto.

6.3 Trabajos Futuros

Con el fin de mejorar este trabajo se puede ampliar desde todo punto de vista añadiendo más opciones para el mejor análisis de los mismos para las personas que sufren de Parkinson. Es relevante seguir ampliando el estudio en diversas direcciones relevantes sobre todo para las personas con algún tipo de enfermedad dándoles con las herramientas de tecnológicas una mejor calidad de vida.

Considerar el uso de diferentes métodos tecnológicos como inteligencia artificial, algoritmos, big data, machine learning, deep learning; ya que en la actualidad existen algunos más eficientes que otros en el reconocimiento de datos procesados. Intentar aumentar el estudio y trabajar con Heurísticas para mejorar la precisión de la recepción de los datos adquiridos por el celular.

Se espera que este trabajo haga énfasis de la realidad existente de las personas que tienen la enfermedad de Parkinson y que puedan organismos o instituciones apoyar esta iniciativa con fondos propios o extranjeros fomentando la participación activa de la investigación de los alumnos en la ciencia.

Finalmente, más allá de la experiencia, el trabajo aborda puntos que merecen amplia atención por sí mismos, como darle más énfasis en el módulo de congelamiento o por medio de otros hardware o tecnologías emergentes en el mercado como los relojes inteligentes, smartwatch. También se podría añadir que los datos lleguen de manera automáticamente a una persona en específica para así evitar el problema de estar enviando o compartiendo de manera monótona cada resultado.

Bibliografía

- [1]. Achey, M., Aldred, J. L., Aljehani, N., Bloem, B., R, B., & Chan, P. (2014). *The past, present, and future of telemedicine for Parkinson's disease*.
- [2]. Alberto, R. B., Marcos, V. G., & Matias, B. L. (22 de Abril de 2009). MODELOS AVANZADOS DE BASES DE DATOS. *Bases de Datos Federadas y Bases de Datos Móviles*. España.
- [3]. Alsheikh, A., Lin, S. W., Niyato, D., & Tan, H. (2014). *Machine Learning in Wireless Sensor Networks: Algorithms, Strategies, and Applications*.
- [4]. Alvarez, M. (2 de Marzo de 2017). *desarrolloweb.com*. Obtenido de *desarrolloweb.com*: <https://desarrolloweb.com/articulos/que-es-ionic2.html>
- [5]. América Economía. (13 de Abril de 2018). *clustersalud.americaeconomia.com*. Obtenido de Cluster Salud: <https://clustersalud.americaeconomia.com/sector-publico/parkinson-un-mal-en-aumento-segun-la-oms>
- [6]. American Neuropsychiatric Association. (2002). An Essay on the Shaking Palsy. (M. David B. Arciniegas, Ed.) *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 223-236.
- [7]. ANDINA. (10 de Abril de 2018). *ANDINA Agencia Peruana de Noticias*. Obtenido de <https://andina.pe/agencia/noticia-essalud-mitiga-parkinson-novedosa-tecnica-estimulacion-cerebral-748154.aspx>
- [8]. Andina. (8 de Mayo de 2020). *Andina*. Obtenido de Andina: <https://andina.pe/agencia/noticia-coronavirus-aplicacion-movil-telemedicina-atiende-a-pacientes-covid19-796177.aspx>
- [9]. Andlin Sobocki, P., Jönsson, B., Hans Ulrich, W., & Olesen, J. (2005). Cost of disorders of the brain in Europe. En *European Journal of Neurology*.
- [10]. Ángel, R. (12 de Agosto de 2019). *Openwebinars*. Obtenido de Openwebinars: <https://openwebinars.net/blog/que-es-java/>
- [11]. Asociación Parkison Madrid. (s.f.). *Parkinsonmadrid*. Obtenido de Parkinsonmadrid: <https://www.parkinsonmadrid.org/el-parkinson/el-parkinson-definicion/>
- [12]. Aurigae. (22 de Noviembre de 2019). *Aurigae*. Obtenido de Aurigae: <https://aurigae.com/blog/node-js/#:~:text=Node.,en%20el%20lado%20del%20servidor.>
- [13]. Bluumi. (2017). *Bluumi*. Obtenido de Bluumi: <http://bluumi.net/10-caracteristicas-una-aplicacion-movil-de-empresa-exito/>
- [14]. Catalán Alonso, J., & Rojo Sebastián, A. (s.f.). La Enfermedad del Parkinson. *Educación sanitaria e interrogantes en patologías para la oficina de farmacia*, 7-8.
- [15]. César Augusto, B. S. (28 de Mayo de 2015). *Sistema de información para Encuestas Simples basado en Computación Móvil Multiplataforma*. Caracas, Venezuela.

- [16]. Chana, P. (2010). *Enfermedad de Parkinson* (Vol. 1). Santiago de Chile, Chile: Eva Ramírez Zlatar EIRL.
- [17]. Chávez León, E., Ontiveros Uribe, M., & Carrillo Ruiz, J. (2013). La enfermedad de Parkinson: neurología para psiquiatras. En *Salud Mental* (pág. 324).
- [18]. Cirugiadeparkinsonperu. (2019). *Cirugiadeparkinsonperu*. Obtenido de <http://www.cirugiadeparkinsonperu.com/como-saber-si-un-paciente-es-buen-candidato-para-este-tipo-de-tratamiento/>
- [19]. DIEGO, B. M., & MYRIAM, R. M. (2019). *PROTOTIPO DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA PARA CREAR UNA APLICACIÓN MÓVIL CONFORMADA POR UNA COMUNIDAD DE PROFESIONALES EN PSICOLOGIA Y SUS DIFERENTES RAMAS CON USUARIOS QUE REQUIERAN DE UN SERVICIO, ASESORÍA Y CONSULTAS PREVENTIVAS*. Bogota, Colombia.
- [20]. Djandrw, A. (13 de Abril de 2019). *Medium*. Obtenido de Medium: <https://medium.com/@andrewdjandrw/qu%C3%A9-es-scrum-674c6b791af4#:~:text=Scrum%20es%20un%20proceso%20de,resultado%20posible%20de%20un%20proyecto%E2%80%9D>.
- [21]. Drifty, C. (2016). *ionicframework*. Obtenido de ionicframework: <https://ionicframework.com/docs/guide/preface.html>
- [22]. Duncan, G., Khoo, T., Yarnall, A., O'Brien, J., & Coleman, S. (2014). Movement disorders : official journal of the Movement Disorder Society. *Health related quality of life in early Parkinson's disease: the impact of nonmotor symptoms*.
- [23]. EhCOS. (s.f.). *EhCOS*. Obtenido de EhCOS: <https://www.ehcos.com/telemedicina-pieza-clave-en-el-futuro-de-la-salud/>
- [24]. Estrada-Bellmann, I., & Martínez Rodríguez, H. R. (2011). Diagnóstico y tratamiento de la enfermedad de Parkinson. *Avances*, 16-22.
- [25]. European Parkinson's Disease. (2014). The move for change result . *The move for change result* , 52.
- [26]. F., H., Melissa Andrea, N. C., Fernando, C., & Laura Andrea, L. (25 de Agosto de 2016). *La Enfermedad de Parkinson: Etiología, Tratamientos y Factores Preventivos*. Bogota.
- [27]. Francisco, E. S., & Jesús, O. R. (2017). *Recomendaciones de Práctica Clínica en la ENFERMEDAD DE PARKINSON*. Andalucía: Glosa.
- [28]. Geroin, C., Gandolfi, M., Bruno, V., Smania, N., & Tinazzi, M. (2016). *Integrated Approach for Pain Management in Parkinson Disease*.
- [29]. Gobierno de los Estados Unidos. (2008). Cambios cognitivos en la enfermedad de Parkinson. En P. J. Moberg,, *La Enfermedad de Parkinson: Mente, Estado y Memoria* (págs. 20-32).

- [30]. Gregory Antony, T. C. (Enero de 2020). *Aplicación móvil con Georreferenciación para gestión de pedidos a domicilio de un local de comida*. Ambato, Ecuador.
- [31]. Guerrero Díaz, T., Macías Montero, C., Prado Esteban, F., Muñoz Pascual, A., Hernández Jiménez, V., & Duarte García-Luis, J. (s.f.). Enfermedad del Parkinson. En *Tratado de Geriátrica para residentes* (págs. 507-517). Madrid.
- [32]. H, G., & S. L. (2004). Rehabilitation for Parkinson's disease: a systematic review of available evidence.
- [33]. HugoRep. (19 de Junio de 2019). *Medium*. Obtenido de Medium: <https://medium.com/@HugoRep/apache-cordova-popular-entorno-de-desarrollo-de-aplicaciones-m%C3%B3viles-de-c%C3%B3digo-abierto-e17e36767446>
- [34]. IBM. (Abril de 2012). *El desarrollo de aplicaciones móviles nativas, Web o híbridas*. New York, Estados Unidos de América.
- [35]. Infobae. (11 de Abril de 2019). *Infobae*. Obtenido de <https://www.infobae.com/america/ciencia-america/2019/04/11/dia-mundial-del-parkinson-a-quienes-afecta-la-segunda-enfermedad-neurodegenerativa-mas-importante-del-mundo/>
- [36]. Ingmecafenix. (s.f.). *Ingmecafenix*. Obtenido de Ingmecafenix: <http://www.ingmecafenix.com>
- [37]. Javier, P. Á. (6 de Junio de 2018). *Procesado de señales procedentes de smartphones para el análisis de temblores fisiológicos*. Valladolid, España.
- [38]. Joanybel Ortiz. (22 de Marzo de 2020). *Joanybelortiz*. Obtenido de Joanybelortiz: <http://www.joanybelortiz.com/aplicaciones-machine-learning-ejemplos/>
- [39]. José Victoriano, A. G. (Octubre de 2014). *Aplicación móvil para el acceso a la información de la Universidad de Cantabria*. Cantabria, España.
- [40]. Kevin Luis, A. P. (2017). *Aplicación móvil multiplataforma que brinda información de las unidades de salud públicas y privadas de la ciudad de Loja*. Loja, Ecuador.
- [41]. Kulisevsky Bojarski, J. (s.f.). *Enfermedad de Parkinson: Guía terapéutica de la Sociedad Catalana de Neurología*.
- [42]. La República. (11 de Abril de 2018). *La República*. Obtenido de <https://larepublica.pe/salud/1225388-minsa-implementa-programa-integral-de-rehabilitacion-para-pacientes-con-parkinson>
- [43]. Lang, A. E. (2009). When and how should treatment be started in Parkinson disease?
- [44]. Laura Janeth, E. T. (25 de Febrero de 2016). *ESTUDIO COMPARATIVO DE HERRAMIENTAS ORIENTADAS AL DESARROLLO DE APLICACIONES MÓVILES, CON EL APLICATIVO: SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN DE STOCK DE PRODUCTOS DE CONSUMO MASIVO*. Ibarra, Ecuador.

- [45]. Lilian Judith, S. (19 de Julio de 2018). ALGORITMOS DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO PARA ANÁLISIS Y PREDICCIÓN DE DATOS. El Salvador.
- [46]. M., L. d., L., V. D., & R., C. d. (2 de Marzo de 2017). *Aplicaciones móviles en la enfermedad de Parkinson: una revisión sistemática*. Madrid, España.
- [47]. Martínez Fernández, R., Gasca Salas, C., Sánchez Ferro, Á., & Obeso, J. Á. (2016). ACTUALIZACIÓN EN LA ENFERMEDAD. *PARKINSON'S DISEASE: A REVIEW*, 363-379.
- [48]. Martínez Jurado, E., Cervantes Arriaga, A., & Rodríguez Violante, M. (2010). Calidad de vida en pacientes con enfermedad de Parkinson. *Revista Mexicana de Neurociencia*, 480-486.
- [49]. Martinez Martin, P., Rodriguez Blazquez, C., Paz, S., João Forjaz, M., Frades-Payo, B., Cubo, E., . . . Lizán, L. (24 de Enero de 2014). *Parkinson Symptoms and Health Related Quality of Life as Predictors of Costs: A Longitudinal Observational Study with Linear Mixed Model Analysis*.
- [50]. Mercuri, N., & Bernardi, G. (2005). Trends Pharmacol. *The 'magic' of L-dopa: why is it the gold standard Parkinson's disease therapy*.
- [51]. Micheli, F. E., & Fernández Pardal, M. M. (2010). *Neurología*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Medica Panamericana.
- [52]. Ministerio de Educación. (12 de Junio de 2013). *Ministerio de Educación*. Obtenido de Ministerio de Educación: <http://www.ugel02.gob.pe/>
- [53]. Ministerio de Salud. (2010). *Guía Clínica ENFERMEDAD DE PARKINSON*. Santiago.
- [54]. Ministerio de Salud. (10 de Abril de 2019). *www.gob.pe*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/27375-el-parkinson-afecta-a-unas-30-mil-personas-en-el-peru>
- [55]. Moro, E., Schüpbach, M., & Wächter, T. (s.f.). *Referring Parkinson's disease patients for deep brain stimulation: a RAND/UCLA appropriateness study*.
- [56]. Morris, M. E. (2000). Movement Disorders in People With Parkinson Disease: A Model for Physical Therapy. *80*, 578–597.
- [57]. NewLetter 12: Salud y TIC. (2010). TIC y salud: promesas y desafíos para la inclusión social. 2.
- [58]. Nubecolectiva. (20 de Julio de 2019). *Nubecolectiva*. Obtenido de Nubecolectiva: <https://blog.nubecolectiva.com/que-es-spring-framework-y-otros-detalles/#:~:text=Spring%20es%20un%20marco%20de,el%20proceso%20de%20la%20aplicaci%C3%B3n>.
- [59]. Orduz, R., Valenzuela, J., Mejía Medina, F., Garcia, C., Bejarano, A., Sáenz, M., . . . Alvarado, R. (2013). *Las TIC en algunos de los retos del sector salud: panorama, experiencias y perspectivas*. Bodota: Colombia Digital.

- [60]. Orozco Tapia, A. M. (s.f.). Obtenido de Modelos de BD:
<https://modelosbd2012t1.wordpress.com/2012/03/15/base-de-datos-moviles-3/>
- [61]. P, M. M., Blázquez, R., Paz, S., Lizan, L., & Forjaz, M. (Noviembre de 2014). Relationship between direct medical costs and direct non-medical costs of Parkinson's disease according to disease severity during 4 years of follow-up in Spain.
- [62]. Pahwa, R., Factor, S., & Lyons, K. (2006). *Practice Parameter: treatment of Parkinson disease with motor fluctuations and dyskinesia*.
- [63]. Parkinson's, D. A. (2011). *The European Parkinson's Disease standards of care consensus statement* (Vol. 1).
- [64]. Peñas Domingo, E. (2015). *Libro Blanco del Párkinson en España*. España.
- [65]. PERÚ21. (10 de Abril de 2019). *PERÚ 21*. Obtenido de <https://peru21.pe/lima/ministerio-salud-minsa-30-mil-personas-peru-enfermedad-parkinson-nndc-471293>
- [66]. Raúl, M. F., Carmen, G. S., Álvaro, S. F., & José, Á. (2016). Actualización en la Enfermedad de Parkinson. *Revista Medica Clinica Condes*.
- [67]. Rayón. (2017). *Guía para comenzar con algoritmos de Machine Learning*.
- [68]. Ricardo, T. (15 de Enero de 2020). *Anexsoff*. Obtenido de Anexsoff:
<https://anexsoft.com/que-es-angular-y-por-que-elegirlo>
- [69]. Richy, F., Pietri, G., K, M., Senior, E., Makaroff, & Compliance, L. (2013). Compliance with Pharmacotherapy and Direct Healthcare Costs in Patients with Parkinson's Disease: A Retrospective Claims Database Analysis. *Health Economics and Health Policy*.
- [70]. Ríos, M. (2013). *Composición del Sistema Operativo Móvil IOS de Apple y el Hardware y Software que lo utilizan*.
- [71]. Roberto, A. (20 de Abril de 2020). *Adslzone*. Obtenido de Adslzone:
<https://www.adslzone.net/reportajes/software/que-es-android/>
- [72]. Rocío, G. (16 de Abril de 2020). *Adslzone*. Obtenido de Adslzone:
<https://www.adslzone.net/reportajes/software/que-es-ios/>
- [73]. Rodriguez Oroz, M. C., Jahanshahi, M., Krack, P., Litvan, I., Macias, R., Bezard, E., & Obeso, J. (2009). Initial clinical manifestations of Parkinson's disease: features and pathophysiological mechanisms. *8*.
- [74]. Roman, V. (6 de Febrero de 2019). *Medium*. Obtenido de Medium:
<https://medium.com/datos-y-ciencia/introduccion-al-machine-learning-una-gu%C3%ADa-desde-cero-b696a2ead359>
- [75]. Sánchez, S. P. (Junio de 2018). *Monitorización de la actividad neuromotriz de un paciente de Enfermedad de Parkinson*. Madrid, España.

- [76]. Sarai, R. G., & Gloria, T. J. (Junio de 2017). *ENFERMEDAD DE PARKINSON ÚLTIMOS AVANCES EN EL TRATAMIENTO*. Mexico.
- [77]. SAUSA, M. (10 de Abril de 2018). *Peru21*. Obtenido de <https://peru21.pe/vida/salud/parkinson-novedoso-tratamiento-quirurgico-casos-avanzados-402942>
- [78]. Schuepbach, W., Raul, J., & Knudsen, K. (2013). *Neurostimulation for Parkinson's disease with early motor complications*.
- [79]. Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN). (2010). Diagnosis and pharmacological management of Parkinson's disease: a national clinical guideline. Edinburgh.
- [80]. Siderowf, A., & Lang, A. (2012). Movement disorders : official journal of the. *Premotor Parkinson's disease: concepts*.
- [81]. Theresa, R., Julián D., L. D., Andrés M., G. V., & Antonio J., S. E. (2019). *PARA EL DIAGNÓSTICO DIFERENCIAL DE PACIENTES CON PARKINSON Y TEMBLOR ESENCIAL*. Barcelona, España.
- [82]. Tolosa, E., Compta, Y., & Gaig, C. (2007). Parkinsonism & related disorders. *The premotor phase of Parkinson's*.
- [83]. Valldeoriola, F., Morsi, O., & Tolosa, E. (2007). *Prospective comparative study on cost-effectiveness of subthalamic stimulation and best medical treatment in advanced Parkinson's disease*.
- [84]. Vidhate, D., & Kulkarni, P. (2012). *Cooperative Machine Learning with Information Fusion for Dynamic Decision Making in Diagnostic Applications*.
- [85]. Wang, W., Wang, X., & Xie, L. (15 de Setiembre de 2017). *Tremor Detection Using Smartphone-based Acoustic Sensing*. Nanjing, China.
- [86]. Whetten Goldstein, K., Sloan, F., Kulas, E., Cutson, T., & Schenkman, M. (1997). *The burden of Parkinson's disease on society, family, and the individual*.
- [87]. Yudofsky, S., & Hales, R. (2008). *The American psychiatric publishing textbook of neuropsychiatry and behavioral sciences*. Arlington: APPI.
- [88]. Zuly Milagros, H. J. (Enero de 2020). *"Implementación de un sistema de gestión de seguridad electrónica con Machine Learning dirigido a Prosegur Perú para gestión de seguridad en viviendas de Lima Metropolitana"*. Lima, Perú.
- [89]. Zurita, F. (4 de Noviembre de 2017). *Promoción de la Salud*. Obtenido de <http://www.promocion.salud.gob.mx/cdn/?p=24859>

ANEXOS

ANEXO A. MANUAL DE USUARIO PARKINSON ANALYZER

PARKINSON ANALYZER



MANUAL DE USUARIO

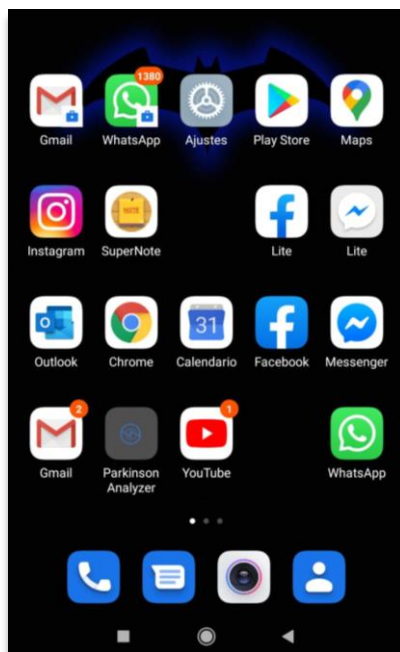


MANUAL DE USUARIO

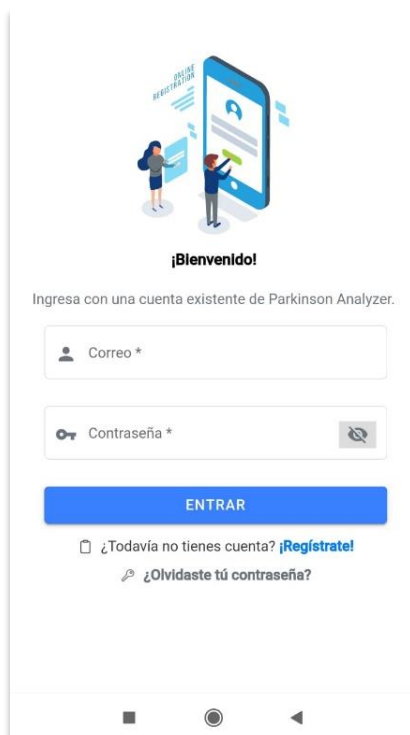
A) REGISTRARSE

Sirve para que el usuario pueda utilizar la aplicación primero necesita registrarse en el sistema.

1.1. Dirigirse a la aplicación dentro del celular.



1.2. Serán dirigidos a la vista principal de la aplicación móvil.





1.3. Se hará CLIC en donde dice “REGÍSTRATE”.

¡Bienvenido!

Ingresar con una cuenta existente de Parkinson Analyzer.

Correo *

Contraseña *

ENTRAR

☐ ¿Todavía no tienes cuenta? [¡Regístrate!](#)

☐ ¿Olvidaste tu contraseña?

1.4. Se cargará otra ventana con los datos

Registro

¡Vamos a comenzar!

Crea una cuenta en Parkinson Analyzer para poder usar todas las funcionalidades.

DNI *

Nombres *

Apellido paterno *

Apellido materno *

Número de teléfono *

Fecha de nacimiento *

Ciudad *

REGISTRAR

¿Ya tienes una cuenta? [Ingresa aquí](#)



1.5. Se deberá rellenar los datos exactos y precisos requeridos por el sistema

Se debe llenar los datos exactos:

- DNI: Documento Nacional de Identidad.
- Nombre: Nombre de la persona, puede ser uno o dos nombres.
- Apellidos: Apellidos de la persona, tanto paterno como materno
- N.º de Celular: El número correspondiente a los 9 dígitos del celular.
- Fecha de Nacimiento: La fecha de nacimiento de la persona.
- Ciudad: Lugar donde se ubica la persona.
- Correo: Correo de usuario en caso de recuperar la contraseña o validación.
- Contraseña: Puede ser números o letras.

The screenshot shows the 'Registro' screen of the Parkinson Analyzer app. The form contains the following fields and values:

- Nombre: Carlos
- Apellido paterno *: Godinez
- Apellido materno *: Tello
- Número de teléfono *: 989923194
- Fecha de nacimiento *: 12/8/1991
- Ciudad *: Lima
- Correo *: godtelo@gmail.com
- Contraseña *:

A blue arrow points to the 'REGISTRAR' button at the bottom of the form. Below the button, there is a link: '¿Ya tienes una cuenta? [Ingresa aquí](#)'.

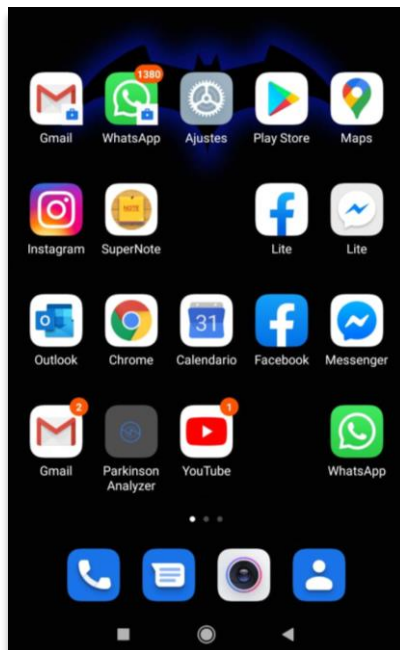
Por último, se debe hacer CLIC en REGISTRAR, el sistema validará los datos.



B) INICIAR SESIÓN

Sirve para que el usuario pueda utilizar la aplicación.

2.1. Dirigirse a la aplicación dentro del celular.



2.2. Serán dirigidos a la vista principal de la aplicación móvil.





2.3. Se llenarán los datos del correo y contraseña registrados en la Aplicación.

¡Bienvenido!

Ingresa con una cuenta existente de Parkinson Analyzer.

Correo *
godtelo@gmail.com

Contraseña *
.....

ENTRAR

¿Todavía no tienes cuenta? [¡Regístrate!](#)

¿Olvidaste tú contraseña?

Una vez ingresado los datos debemos hacer **CLIC** en **ENTRAR**



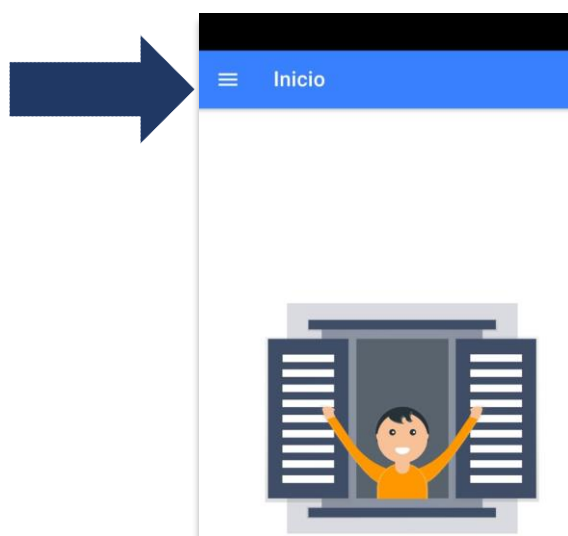
C) EDITAR DATOS

Sirve para que el usuario pueda editar sus datos que han sido registrados dentro de la aplicación.

3.1. Una vez iniciado sesión dentro de la aplicación móvil, aparecerá la ventana principal.

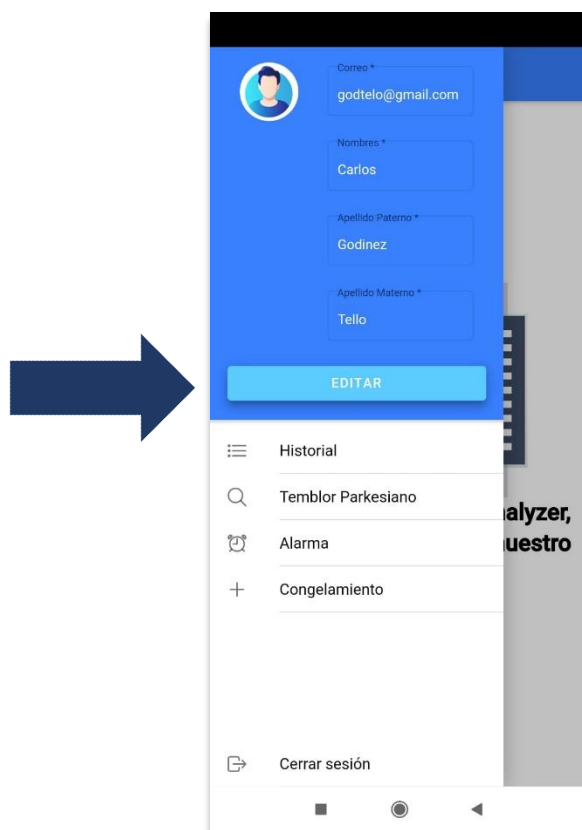


3.2. Nos dirigimos al menú de opciones.

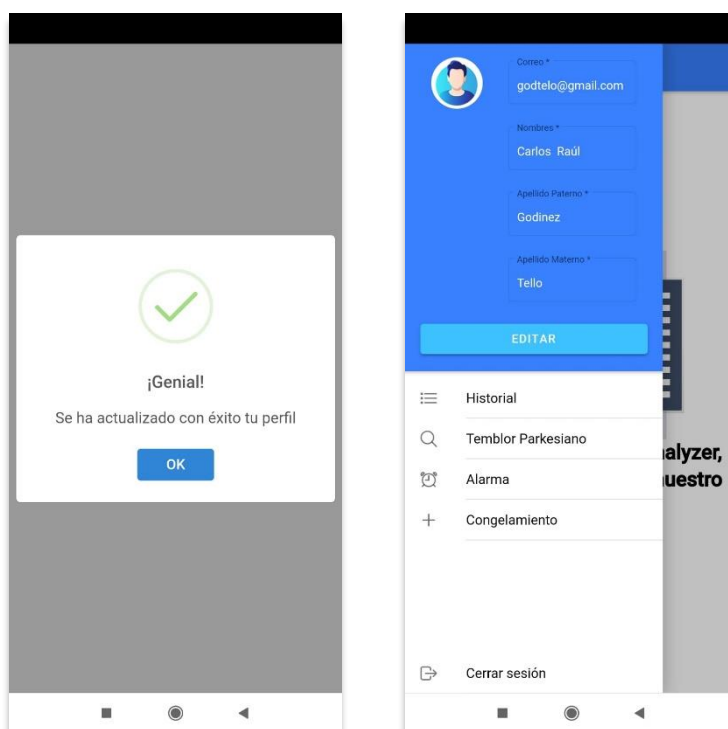




3.3. En ella podremos visualizar los datos del correo, Nombre y Apellidos; dichos datos pueden ser cambiados de manera rápida solo cambiando los datos; y haciendo **CLIC** en **EDITAR**.



3.4. Una vez terminada la edición, la aplicación va confirmar la actualización de los datos y se guardarán en la base de datos.





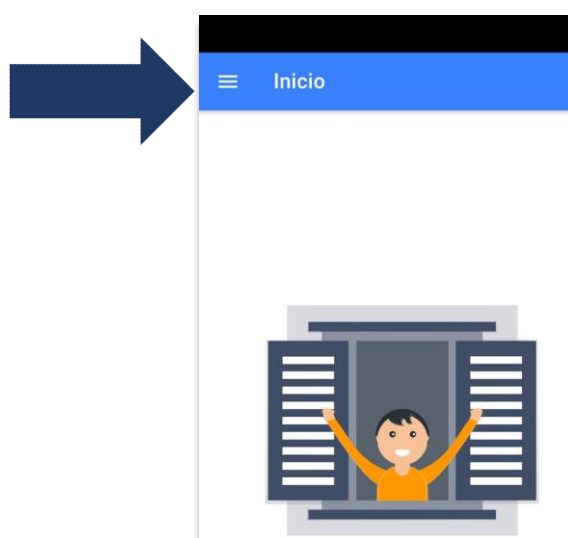
D) VER HISTORIAL

Sirve para que el usuario pueda visualizar el historial de los análisis realizados dentro de la aplicación

4.1. Una vez iniciado sesión dentro de la aplicación móvil, aparecerá la ventana principal.

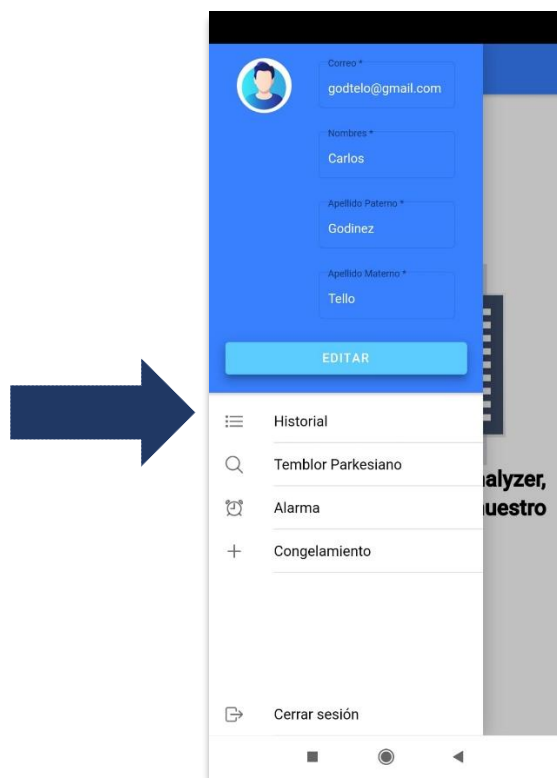


4.2. Nos dirigimos al menú de opciones.

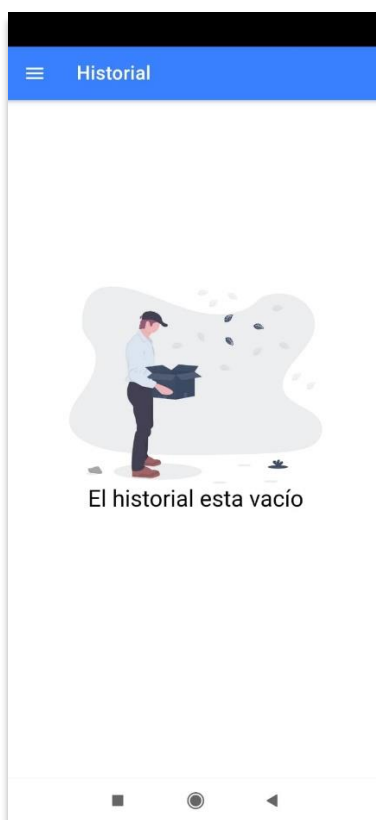




4.3. En ella podremos visualizar las diferentes opciones dentro de la aplicación, solo basta hacer **CLIC** en **HISTORIAL**

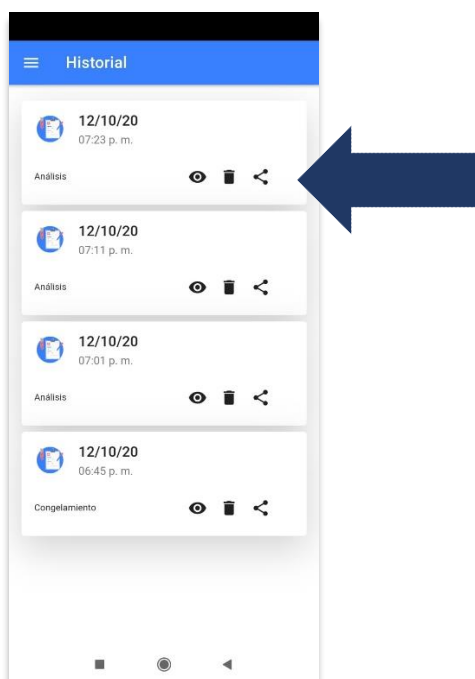


4.4. En ella podremos visualizar la lista de historiales realizados, si no hay ningún historial va aparecer en vacío.

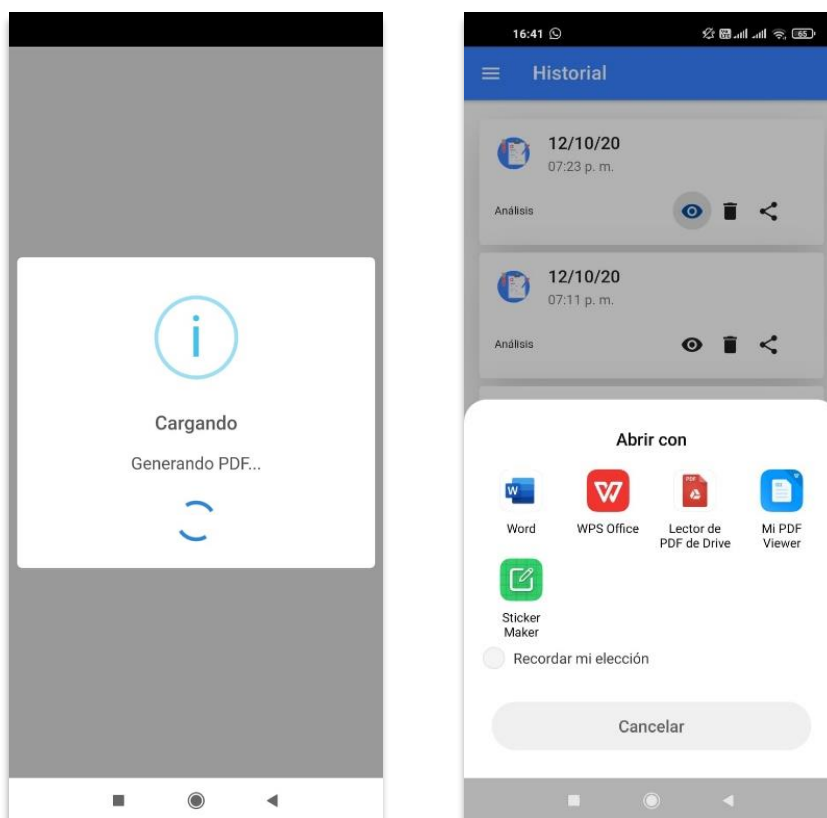




4.5. Una vez realizado varios análisis podremos tener un historial lleno de diferentes evaluaciones realizadas, en ella podemos apreciar la fecha de la evaluación, hora, y el TIPO, que puede ser **ANÁLISIS** de Temblor Parkesiano o **CONGELAMIENTO**. Dentro de ella podemos apreciar 3 opciones. **VISUALIZACIÓN, ELIMINAR Y COMPARTIR**.

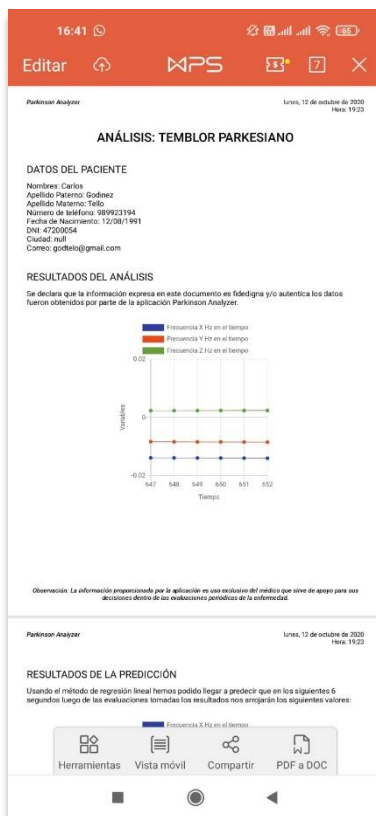


4.6. Para poder **VISUALIZAR**, basta con hacer **CLIC** en el icono del ojo, y esperar unos minutos, mientras carga el archivo PDF. Una vez cargado nos dirá con qué aplicación poder abrirla

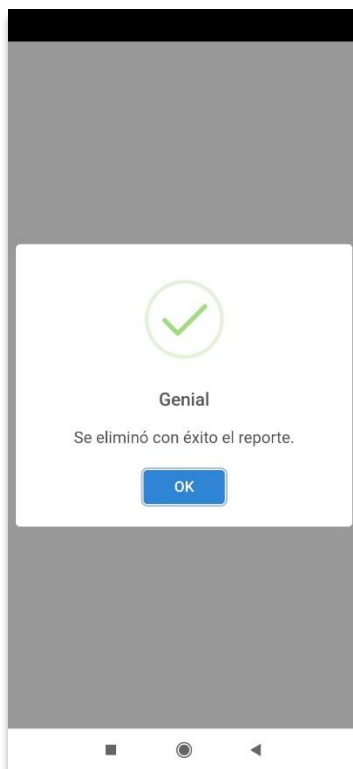




4.7. Una vez seleccionada la aplicación vamos a poder ver el archivo del análisis en PDF.

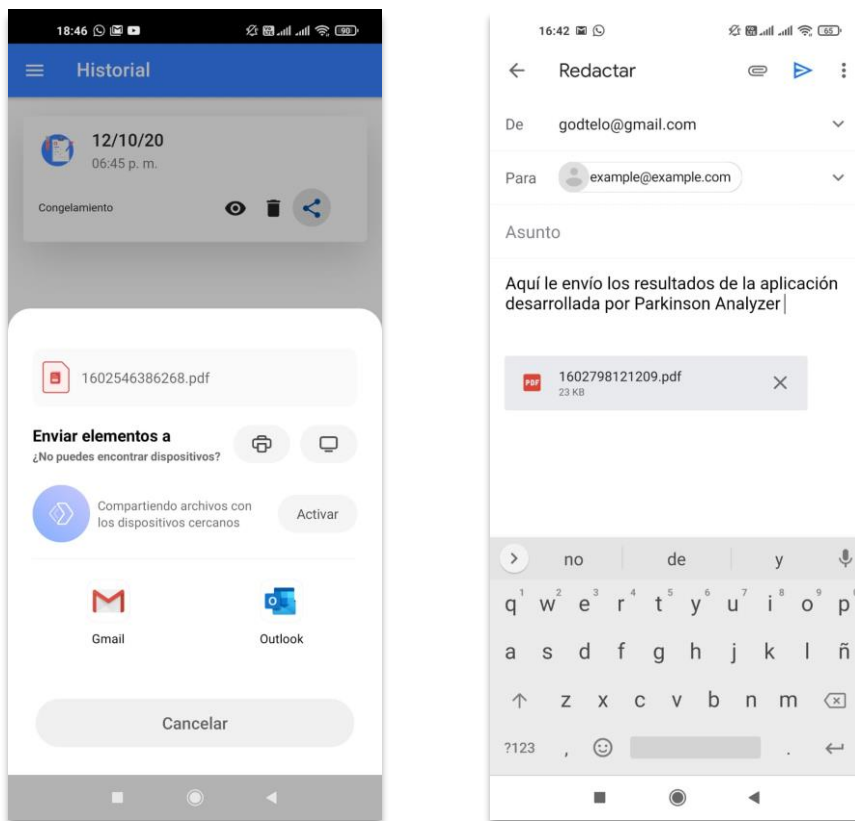


4.8. Para poder **ELIMINAR**, basta con hacer **CLIC** en el icono del tachito, y esperar unos minutos, mientras se procede a eliminar el archivo de la base de datos.

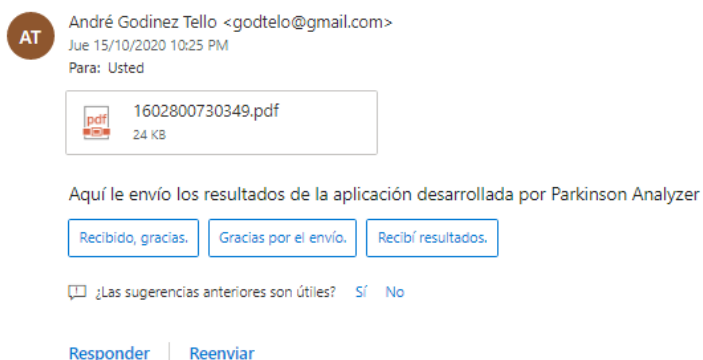




4.9. Para poder **COMPARTIR**, basta con hacer **CLIC** en el icono del circuito, en ella podremos visualizar las opciones de poder enviar el archivo en PDF. Tanto **GMAIL** o **OUTLOOK**. Seleccionamos el que mejor nos pareciera y redactamos el correo, de forma automática aparecerá el archivo PDF listo para enviar.

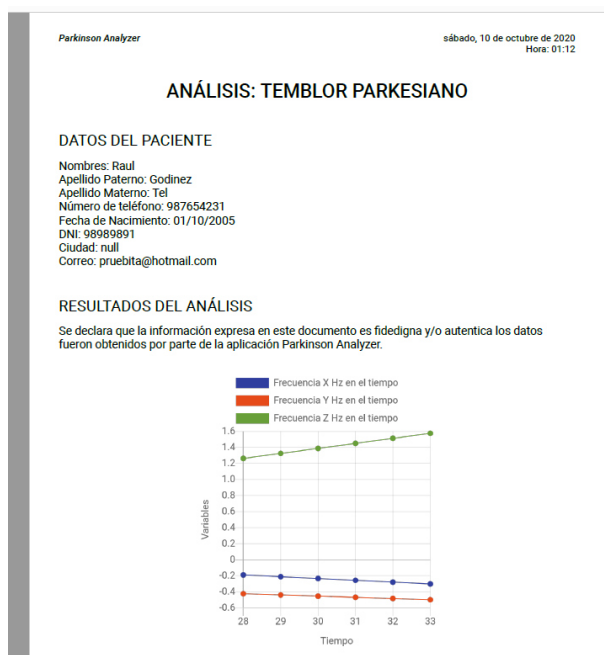


4.10. Correo de Confirmación por parte del análisis enviado.

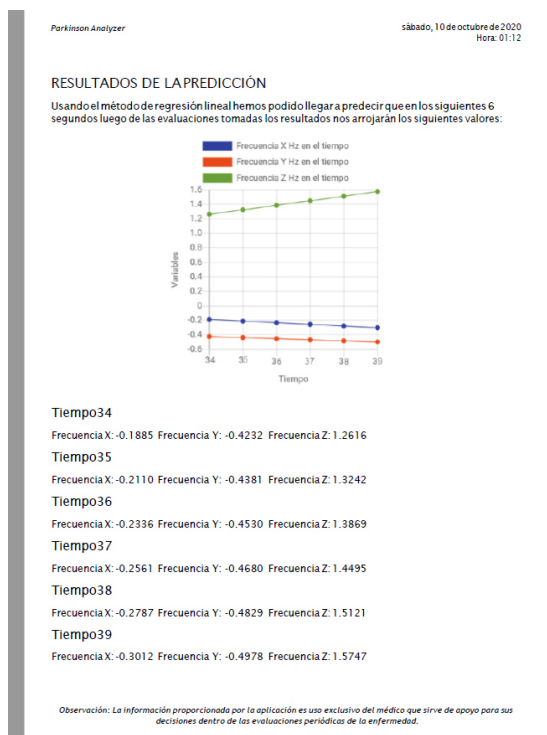




4.11. Los resultados de los análisis pueden ser dos tipos diferentes de archivos, uno donde se determine el **ANÁLISIS DE TEMBLOR PARKESIANO**, donde la **primera hoja**, podremos visualizar datos del paciente, como los resultados del mismo en los últimos 6 segundos.



4.12. La **segunda hoja** en descripción tendremos la predicción correspondiente de los 6 segundos siguientes con sus respectivas frecuencias en HZ de acuerdo al eje correspondiente.





4.13. Los resultados de ANÁLISIS DE CONGELAMIENTO, se generará también en archivo PDF, y en el contendrá los datos del paciente, como también el tiempo en que se encontró dicha persona en ese tiempo determinado.

Parkinson Analyzer

sábado, 10 de octubre de 2020
Hora: 01:00

ANÁLISIS: CONGELAMIENTO

DATOS DEL PACIENTE
Nombres: Raul
Apellido Paterno: Godínez
Apellido Materno: Tel
Número de teléfono: 987654231
Fecha de Nacimiento: 01/10/2005
DNI: 98989891
Ciudad: null
Correo: pruebata@hotmail.com

RESULTADOS DEL ANÁLISIS
Se declara que la información expresa en este documento es fidedigna y/o autentica los datos fueron obtenidos por parte de la aplicación Parkinson Analyzer.

- Cantidad de Horas en congelamiento: 0
- Cantidad de Minutos en congelamiento: 0
- Cantidad de Segundos en congelamiento: 3



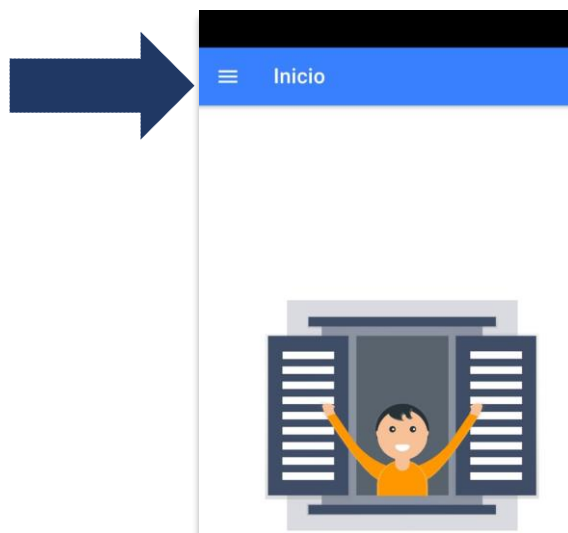
E) TEMBLOR PARKESIANO

En esta opción podremos registrar el temblor parkesiano por parte del usuario.

5.1. Una vez iniciado sesión dentro de la aplicación móvil, aparecerá la ventana principal.

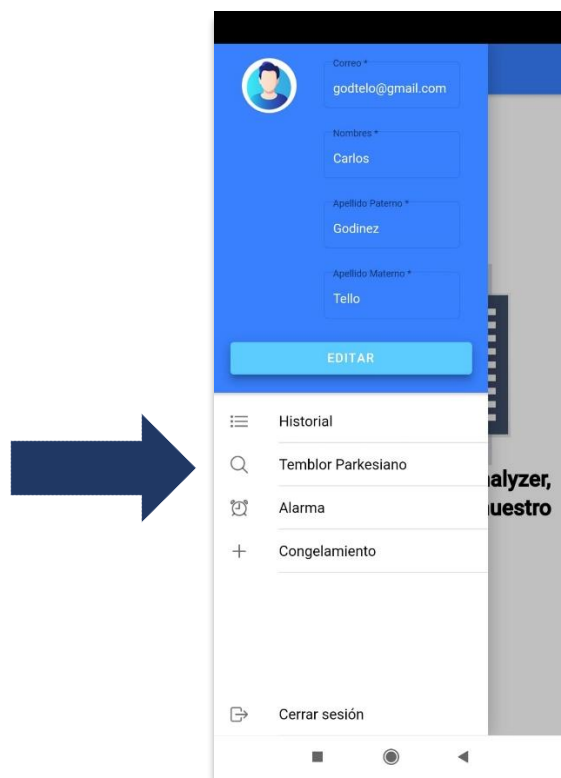


5.2. Nos dirigimos al menú de opciones.

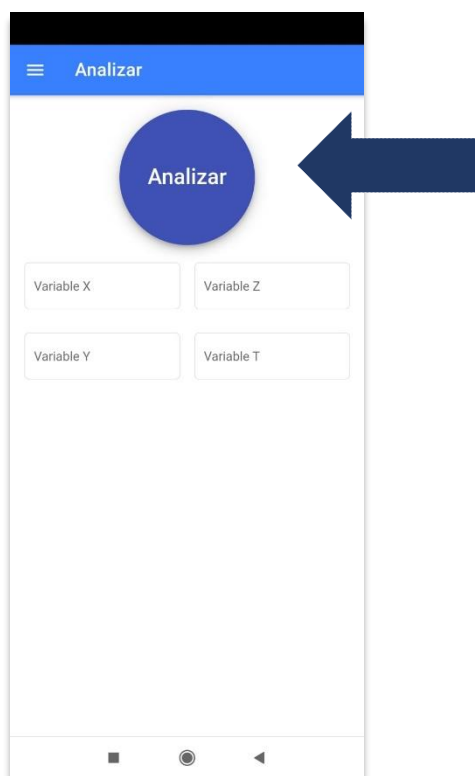




5.3. En ella podremos visualizar las diferentes opciones dentro de la aplicación, solo basta hacer **CLIC** en **TEMBLOR PARKESIANO**

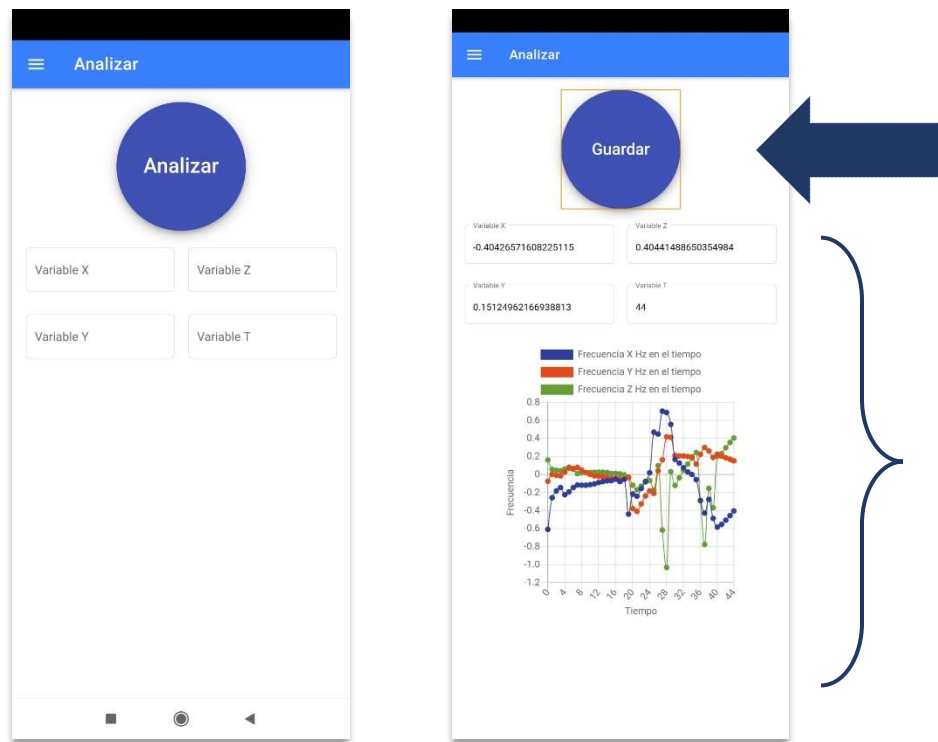


5.4. Inmediatamente nos aparecerá una ventana en dicha ventana, podremos tener un botón donde podremos dar inicio a la recepción de datos.

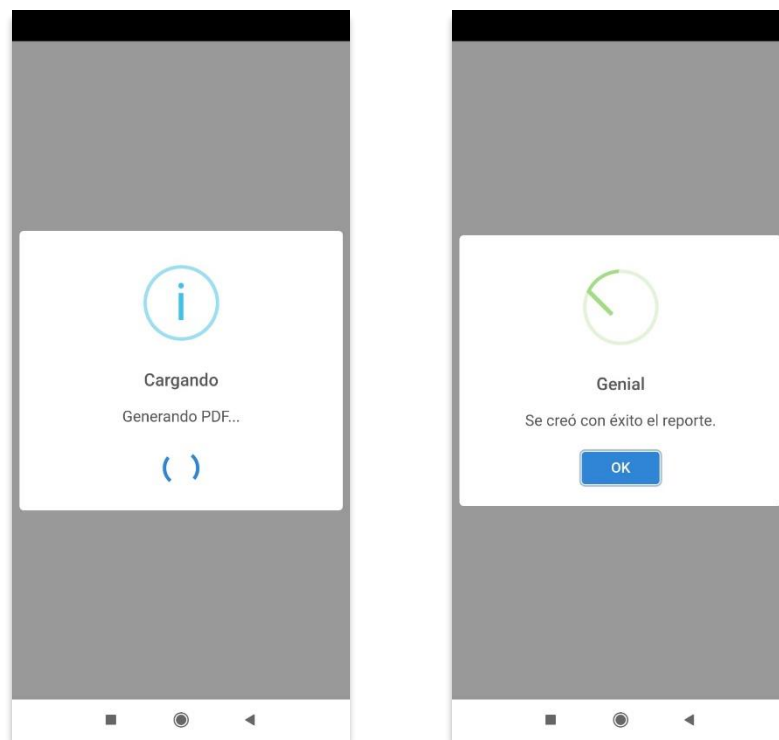




5.5. Una vez realizado el CLIC correspondiente las variables van a comenzar a ser recepcionadas, al mismo tiempo la gráfica va ir formando forma, ni bien vaya recopilando los datos, solo basta terminar apretando en el botón que dice GUARDAR.

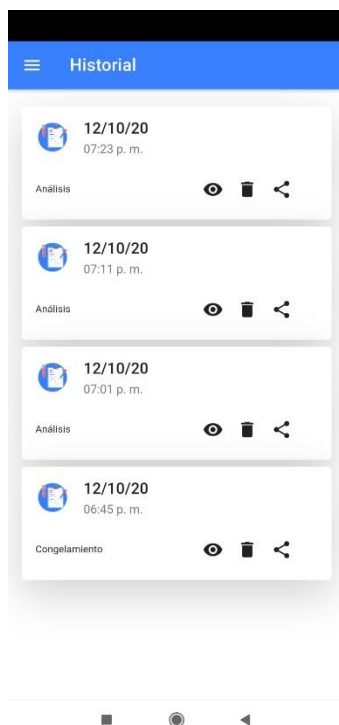


5.6. Inmediatamente se generará un archivo PDF y nos brindará confirmación del mismo.





5.7. Dicho archivo se guardará automáticamente en el **HISTORIAL** donde podrá ser **VISUALIZADO, ELIMINADO o COMPARTIDO**.





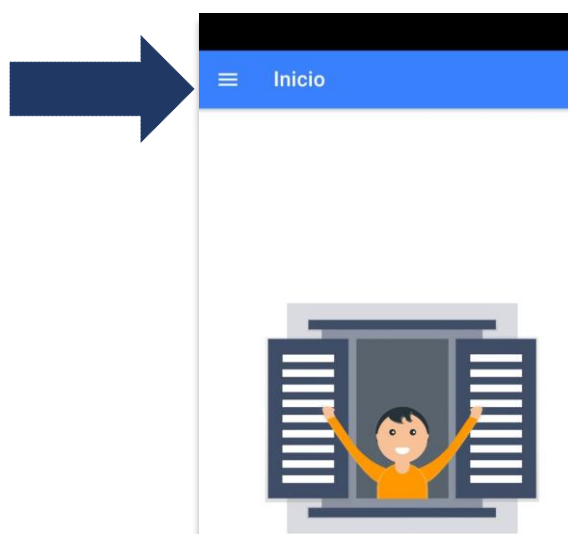
F) ALARMA

Este modulo esta enfocado directamente al control de las pastillas que va llevar el paciente por medio de una alarma capaz de avisarnos cuando hay que tomarlas como también llevar un control de las mismas con las cantidades correspondientes.

6.1. Una vez iniciado sesión dentro de la aplicación móvil, aparecerá la ventana principal.

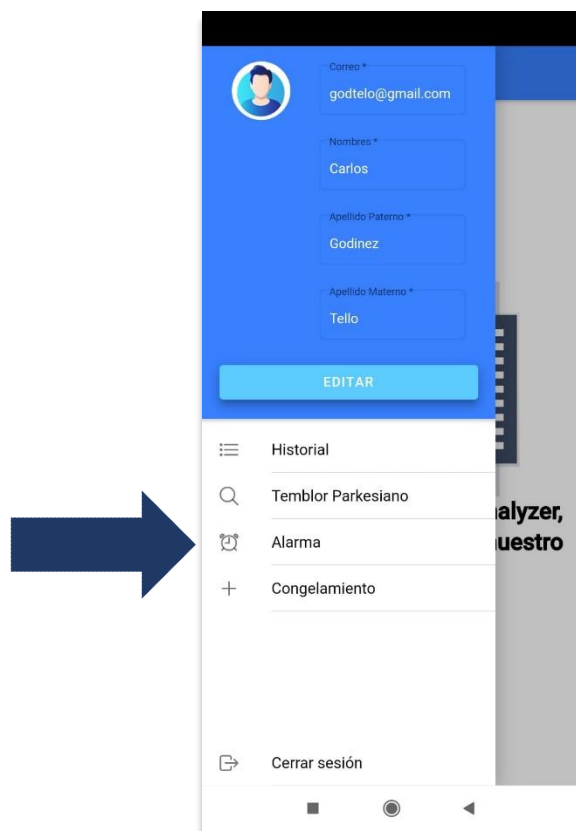


6.2. Nos dirigimos al menú de opciones.





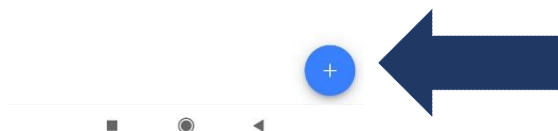
6.3. En ella podremos visualizar las diferentes opciones dentro de la aplicación, solo basta hacer **CLIC** en **ALARMA**



6.4. Si no hemos programado ninguna alarma la bandeja se encontrará vacía. Si deseamos añadir una alarma solo bastará hacer CLIC en el icono de SUMA.



No hay alarmas programadas,
programa una



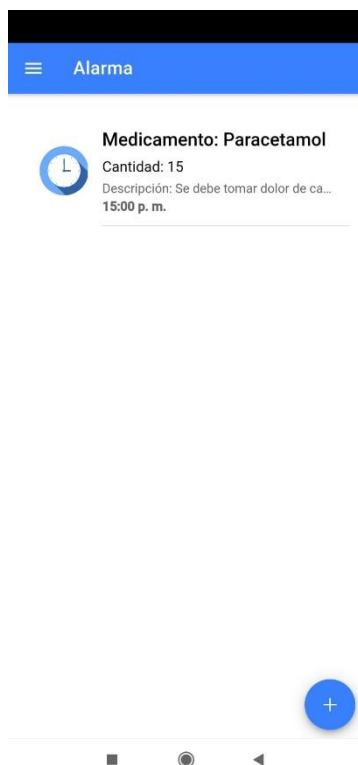


6.5. Inmediatamente nos aparecerá un formulario para poder rellenar los campos: Nombre del medicamento, Cantidad de medicamentos comprados, Descripción breve de la pastilla que hace, y la hora para ser suministrada.

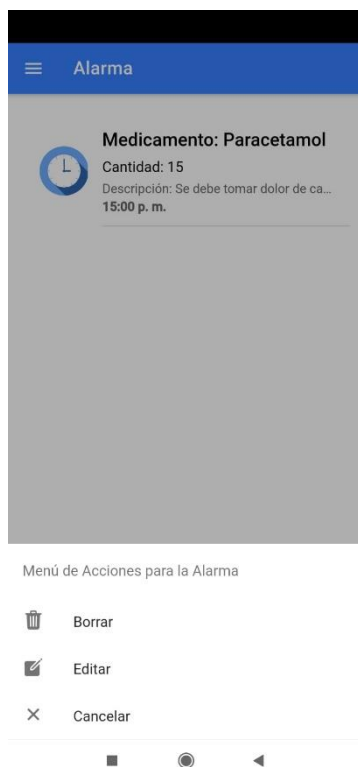
6.6. Se debe llenar los datos correspondientes, en hora para suministrar, nos aparecerá un reloj para poder indicar la hora exacta de la pastilla a suministrar, una vez terminado debemos hacer CLIC en CREAR



6.7. Una vez terminada en la bandeja de entrada aparecerá la lista de medicamentos que debemos tener con la alarma correspondiente.



6.8. Si deseamos **ELIMINAR, EDITAR O CANCELAR**, solo basta con seleccionar dicha Alarma y aparecerá un menú en la parte de abajo con las opciones correspondientes.





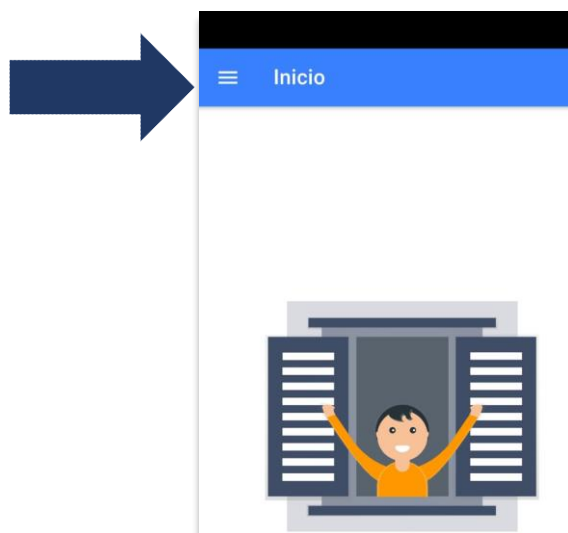
G) CONGELAMIENTO

Sirve para que el usuario pueda guardar el tiempo de congelamiento que la persona se encuentra en ese estado. El trabajo de este módulo actúa directamente como si fuera un cronometro, pero a su vez, es capaz de guardar en un archivo PDF donde se podrá llevar un registro preciso de las evaluaciones y poder ser compartido con quien lo requiera por medio de correo electrónico.

7.1. Una vez iniciado sesión dentro de la aplicación móvil, aparecerá la ventana principal.

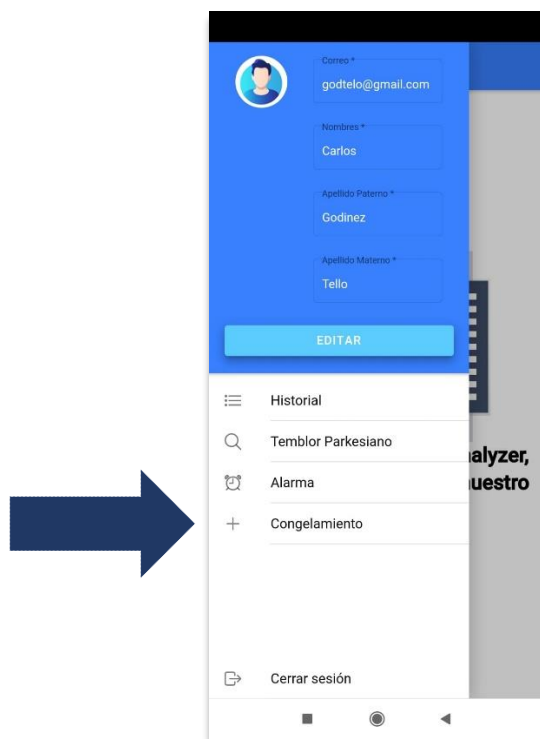


7.2. Nos dirigimos al menú de opciones.

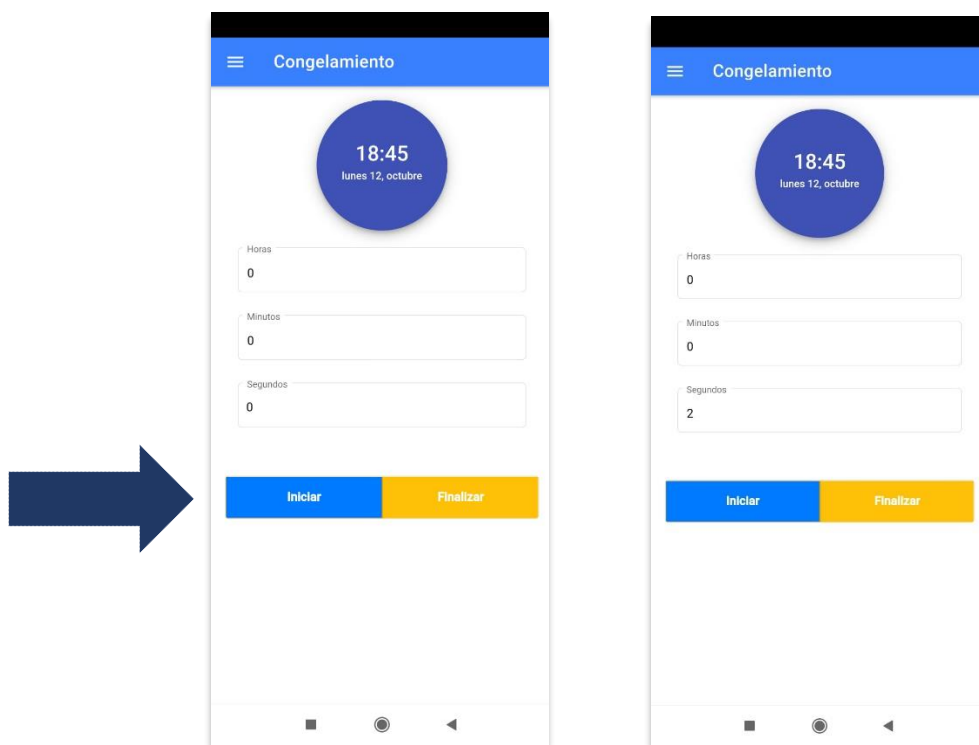




7.3. En ella podremos visualizar las diferentes opciones dentro de la aplicación, solo basta hacer **CLIC** en **CONGELAMIENTO**



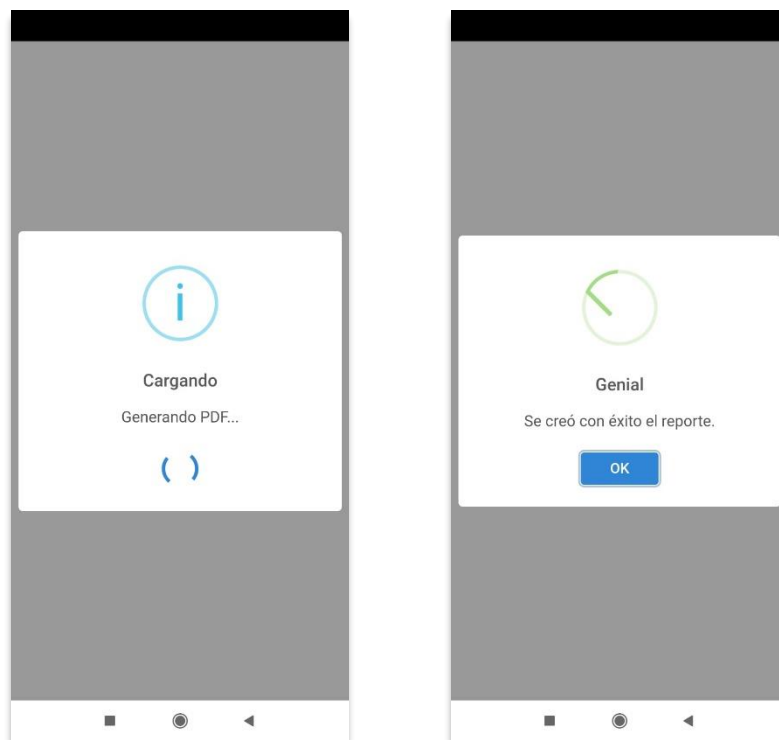
7.4. Inmediatamente aparecerá un reloj en la parte superior, y los datos correspondientes del tiempo que se va llevar el congelamiento en realizar. Basta solo hacer un **CLIC** donde dice **INICIAR**, para que el cronometro comience a correr en el tiempo.





7.5. Luego debemos presionar **FINALIZAR**, y apretar en el botón color verde donde nos indica **GUARDAR**.

7.5. Inmediatamente se generará el archivo PDF, y nos brindará un mensaje de confirmación, dicho análisis será guardado automáticamente en **HISTORIAL**.





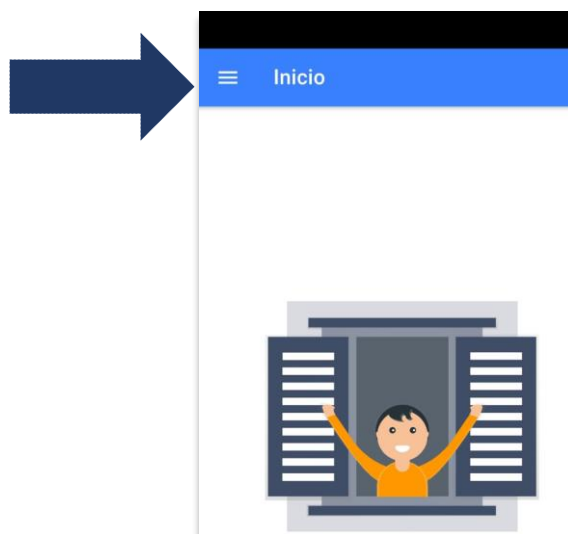
H) CERRAR SESIÓN

Sirve para que el usuario pueda salir de la aplicación.

8.1. Una vez iniciado sesión dentro de la aplicación móvil, aparecerá la ventana principal.



8.2. Nos dirigimos al menú de opciones.





8.3. En ella podremos visualizar las diferentes opciones dentro de la aplicación, solo basta hacer **CLIC** en **CERRAR SESIÓN**

